

عالم الاتصالات

بين الماضى والحاضر والمستقبل

الأستاذ الدكتور

عماد الدين خلف الحسينى

الأهرام
مركز الأهرام
للترجمة والنشر



عالم الاتصالات

بين الماضى والحاضر والمستقبل

الأستاذ الدكتور

عماد الدين خلف الحسينى

الطبعة الأولى
١٤٢١ هـ - ٢٠٠٠ م
جميع حقوق الطبع محفوظة
الناشر : مركز الأهرام للترجمة والنشر
مؤسسة الأهرام - شارع الجلاء - القاهرة
تليفون : ٥٧٨٦٠٨٣ - فاكس : ٥٧٨٦٨٣٣

المحتويات

الصفحة

مقدمة ٥

الفصل الأول : تطور الاتصالات عبر قرنين ٩

الفصل الثاني : قنوات الاتصال ٢٠

الفصل الثالث : الاتصالات السلكية ٣٢

الفصل الرابع : الاتصالات اللاسلكية ٤٤

الفصل الخامس : الاتصالات عبر الأقمار الصناعية ٦٦

الفصل السادس : الاتصالات الشخصية اللاسلكية
أو اتصالات المحمول ٨٣

الفصل السابع : الاتصالات عبر الإنترنت ٩٩

خاتمة : نظرة إلى المستقبل ١١٤

المراجع ١١٧

مقــدمــة

لا ريب أن الاتصالات أصبـحت تعيش فى حياتنا اليـومية فى كل لحظة. وما كان حلما منذ عهد قريب أصــبح واقعا، وما نحلم به الآن يمكن أن يتحقق بين عشــية وضحاها. لقـد أصبح العالم بالفعل قـرية صغيرة، مـا يحدث فى مكان ما بعيد ينقل إلى باقى الأماكن بالصوت والصورة لحظة وقوع الحدث.

وللاتصالات آثار جمة فى حياة الشعوب، اجتـماعية وثقافية واقتصادية وعسكرية وعلـمية وســياسيـة. فالمناطق النائية التــى يصعب الوصول إليــها جغـرافيـا لصعوبة التـضاريس أو المناخ، أمكن ربطـها ببقـية المناطق الأكـثر ازدحامـا بالسكان عن طريق البرامج المختـلفة التى يمكن أن تبث إليهـا، سواء كانت ثقافية أو تعليـمية، إخبارية أو اجتماعية، مسـموعة أو مرئية، مما ينهى عزلتها ويزيد اندماجهـا فى الوطن الأم. كما أصبح العمل فى مثل تلك المناطق لتنميـتها وتطويرها أخف وطـأة وأقل قسوة، بفـضل الاتصالات التى أتاحت ربط العامـلين بذويهم ؛ فجـعلتهم أكثـر استـقرارا وتركـيزا فى عمـلهم. وقد أسقطت الاتصــالات الحواجز بين الشــعوب، وأسهمت فى تلاقى الحـضارات المختلفة عن طريق البرامج التى تبث ليل نهار من أى بقعة على سطح الأرض، لتنقلها الأقمار الصناعية إلى بقية العالم من شماله إلى جنوبه ومن شرقه إلى غربه، لا تعرقلها فروق التوقيت أو اختلاف الفصول أو الهضاب والسهول أو المحيطات والبحار. وأصبح فى مقدور رجال المال والأعـمال متابعة صفقاتهم

أو مشـروعاتهم أو مصـالحهم، سواء كـانوا جالسين فى مكاتبـهم أو راكبين سياراتهم أو طائراتهم أو حتى سائرين على أقدامهم.

وإذا انتقلنا إلى دور الاتصالات فى التطبيقات العسكرية، نجد أن فوائدها لا تعد ولا تحصى. وعلى سـبيل المثال لا الحصر، فإن أجـهزة الرادار ما هى إلا أجهزة إرسال واستقبال تقوم بإرسال الإشارات واستقبالها عند ارتدادها لتحديد مكان الهـدف المعادى حتى يمكن تدميـره. والحروب اليوم التى يطلق عليها الحروب الإلكترونية، أصبحت تعـتمد على الاتصالات بدرجة كبيرة فى توجيـه الصواريخ والقذائف والطائرات، والربط بين القـوات المتحاربة مهـما اتسعت رقعة انتشارها.

وإذا نظرنا إلى مجال آخـر تسـهم فيه الاتصالات، نجد أن لهـا أهمية فى التنبـؤ بالأحوال الجوية عـن طريق الإشارات والصــور التى ترسلها الأقـمار الصناعية.

كذلك يمكن للاتصالات أن تكشــف عما تحتويه الأرض من معـادن ومياه جوفية، مما يســاعد على رسم صورة جيولوجية دقـيقة لباطن الأرض، تبنى على أساسها الخطط لاستخراج كنوزها بطريقة علمية سليمة ودقيقة.

وفى ميـدان الطب أيضـا، أصبح للاتصــالات إسهامـات جليلة، من بينهـا مـثلا تـصوير الأعـضـاء الداخليـة لجسم الإنـسان بواسطة الموجات فـوق الصوتية. ولا ننسى مـجال التعليم والتوجيه الطبى عن بعـد لإكساب الأطباء الشبان المهارة الفنية والخبرة اللازمة لإجراء العمليات الجراحية المختلفة.

وتلعب الاتصالات دورا مـؤثرا فى حقل السيـاسة، حيث أصـبح الاتصال الفورى والمباشر بين رؤساء الدول والحكومـات أمرا ميسورا، ويمكنه أن يوقف حـربا، أو يمنع تطور الأزمـات الساخنة إلى صـراعـات مسلحـة. كـما يســرت الاتصالات مـتابعـة الوزراء وكبار المسـئولين لمسـتوى الأداء فى مواقــع العمل والإنتاج.

وبفضل الثورة التكنولوجية التى أحدثتها شبكات الإنترنت، يمكننا اليوم إرسال الرسائل واستقبال الرد عليها فى التو واللحظة. وبالصوت والصورة، إذا شئنا، وهو ما يطلق عليه البريد الإلكترونى. كما يسرت هذه الشبكات الحصول على الأبحاث والمقالات العلمية المنشورة بالدوريات العالمية، مما يزود الباحثين وطلاب العلم بأحدث التطورات فى المجالات العلمية المختلفة. وحتى التسوق عن طريق هذه الشبكات أصبح متعة، فالشركات والمصانع والأسواق التجارية تعلن عن منتجاتها وأسعارها وتعطيك عناوينها، وما عليك إلا اختيار ما تود شراءه وسداد الثمن بإعطائهم رقم حسابك الشخصى (فيزا كارت مثلا) فيصلك المنتج أينما كنت.

وما ذكرناه من أمثلة يعد غيضا من فيض تطبيقات الاتصالات وفوائدها. وهذا الكتاب يقدم بين دفتيه نماذج متعددة لأنواع الاتصالات المختلفة التى نستخدمها فى عالمنا اليوم، والتى نأمل أن تساعدنا على فهم أهمية هذا المجال الحيوى فى حياتنا.

الفصل الأول

تطور الاتصالات عبر قرنين

لكى ندرك حجم ما نلمسه اليوم من يسر وسهولة فى الاتصالات، لابد من نظرة تاريخية نتتبع فيها تطور الاتصالات عبر الزمن. كان التطور بطيئا فى بدايته راسخا فى تقدمه، ثم انطلق بخطى واسعة تشعبت مجالاتها وتنوعت تخصصاتها حتى بات من الصعب ملاحقتها. وما كان حلما بعيد المنال، حتى للقادة والملوك والحكام، أصبح واقعا ملموسا لعامة الناس. فمن عصر الدخان والنار والحمام الزاجل وحاملى الرسائل الذين يمتطون الدواب، إلى عصر الألياف الضوئية والأقمار الصناعية والإنترنت التى لا تقف أمامها عوائق من بحار ومحيطات أو جبال ووديان. غدت الاتصالات ميسورة فى كل لحظة على مدار اليوم، ليلا ونهارا، صيفا أو شتاء، مهما بعدت المسافات أو اتسعت فروق التوقيت بين طرفى الاتصال.

ونستطيع أن نسجل البدايات الأولى لتاريخ الاتصالات باختراع العالم الإيطالى «فولتا» للبطارية الكهربية. وقد اشتقت وحدة قياس فرق الجهد الكهربى، وهى «الفولت» (Volt)، من اسمه. وقد قام فولتا بعرض اختراعه على صفوة المجتمع الفرنسى فى احتفال دعا إليه نابليون بونابرت عام

١٨٠١. وكان المحـرك لاختراع فولتـا هو ما لاحظه العالم الإيطالى جـالفانى من حدوث تـقلصـات فى أرجل الضـفادع المبـتورة، مما يدل على وجـود قوة حـيوية تـسرى داخل أنسـجـة الأرجل. وكـانت هذه بداية لما يعـرف بنظرية الكهرباء فى الحيـوانات. وقد حدا ذلك بفولتا لأن يصـمم بطاريته على شكل ثعبان البحـر. وفى عام ١٨٢٠، اكتشف العالم الدانماركى أورستـيد أن التيار الكهـربى ينتج عنه مـجـال مغـناطيسى. وفـى عام ١٨٣١، اسـتطاع العـالم الإنجليـزى مـايكل فاراداى أن يـولد تيارا كـهـربيـا بالتـأثير عنـدما حـرك مغناطيسا بالقرب من سلك جيد التوصـيل. وقد أدى ذلك إلى اكتشاف حقيقة أن المجالات الكهربية يمكن أن تنشأ نتيجـة تغير فى المجالات المغناطيسية. أى أن فاراداى أثبت أن عكس نظرية أورستيد صحيح أيضا.

تطور الاتصالات السلكية (التلغراف والتليفون) :

فى عام ١٨٣٤، نجح العـالمان الألمانيان جـاوس وويبر فى تصـميم أول نظام للتلغـراف يعمل لمسافـات بعيدة. وكـانت فكرتهما التـى قاما بتنفـيذها تعتمد على أن جهاز استقبال الإشـارات التلغرافية يتكون من إبرة مغناطيسية حرة الحـركة داخل ملف يحمل تيـار الإشارة التى يتم استـقبالهـا. والاتجاه الذى تنحرف إليه الإبرة يعتمـد على اتجاه التيار داخل الملف. وبناء على ذلك، تم وضع كود للحـروف الأبجدية الإنجليزية يعـتمد على عدد مـرات انحراف الإبرة يمينا أو يسـارا أو فى الاتجـاهين معا. وعلى سبيل المثـال، كود حرفA هو «r»، أى تنحرف الإبرة مرة واحدة إلى اليمين (right). وكود حرف B هو «ll»، أى تنحرف الإبرة مرتين إلى اليسار (left). أما كود حرف C فهو «rrr»، أى انحـراف الإبرة يكون ثلاث مـرات لليـمين. وكود حـرف D هو «rrl»، أى تنحرف الإبرة مرتين يمينا ومرة ثالثة يسـارا... وهكذا حتى نهاية الحروف.

وقد قام كوك وهويتستون الإنجليزيان بعرض نظام متطور للتلغراف عام ١٨٣٧. وقد صاحب بداية استخدامه في ١٨٤٥ ضجة هائلة، حيث كان له دور في القبض على قاتل تم إعدامه فيما بعد. وقد أدى ذلك لتأسيس الشركة الإنجليزية للتلغراف الكهربائي عام ١٨٤٦. وفي عام ١٨٥٢، كانت هذه الشركة قد انتهت من إنشاء شبكة للتلغراف وصل طولها إلى ٤٠٠٠ ميل[1] داخل انجلترا.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية، استطاع صمويل مورس بمعاونة آخرين، ابتكار نظام جديد للتلغراف باستخدام طريقة «النقطة ـ الشَّرْطة» للكود ـ وهو ما يعرف حتى الآن «بكود مورس» (dot - dash Morse Code). وبمساعدة من الكونجرس الأمريكي مقدارها ٣٠ ألف دولار، أمكن إنشاء أول خط تلغراف بالولايات المتحدة عام ١٨٤٤. وكان هذا الخط يربط بين مدينتي واشنطن وبالتيمور بطول ٤٠ ميلا.

وبعد ذلك، جرت أول محاولة للربط التلغرافي بين انجلترا والولايات المتحدة عبر المحيط الأطلنطي، وقام بها كل من الأمريكي سيروس فيلد والإنجليزيين جون بريت وتشارلز برايت. وفي بداية الأمر، واجهوا صعوبات بالغة في تثبيت الكابل عبر الأطلنطي. وأخيرا في عام ١٨٦٦، تم بنجاح إنشاء خط تلغرافي ثابت بين الولايات المتحدة وأوروبا.

وعلى الرغم من أن الفضل في أول نظام للتليفونات يعزى إلى العالم الأمريكي ألكسندر جراهام بل، فإن أول محاولة ناجحة للاتصال التليفوني تمت على يد مدرس ألماني يسمى فيليب رايز عام ١٨٦٠. وفي عام ١٨٧٧، قام جراهام بل بإنشاء «شركة بل للتليفونات»، وتم افتتاح أول سنترال للتليفونات عام ١٨٧٨ في مدينة نيوهافن بولاية كونيكتيكت الأمريكية. وفي

---

(١) الميل = ١,٦ كيلو متر.

عام ١٩١٥ ـ بعد اكتشاف المكبرات الإلكترونية ـ استطاع «بل» إجراء حديث تليفونى مع توماس واتسون بين نيويورك وسان فرانسيسكو، أى عبر الولايات المتحدة من شرقها إلى غربها. وربما يندهش المرء حينما يعلم أنه لم يتم الانتهاء من مد أول كابل تليفونى تحت الماء عبر الأطلنطى إلا عام ١٩٥٣، أى منذ زمن ليس ببعيد.

تطور الاتصالات اللاسلكية (الإرسال الإذاعى والتليفزيونى) :

إذا انتقلنا إلى الاتصالات اللاسلكية، نجد أن العالم الاسكتلندى ماكسويل قد استطاع أن يضع نظرية عامة للموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها، وقام بطرحها على الأوساط العلمية عام ١٨٦٤. وقد اعتمد ماكسويل فى نظريته على الظواهر الكهرومغناطيسية التى اكتشفها قبله أورستيد وفارادای وآخرون. وفى عام ١٨٨٧ استطاع الفيزيائى الألمانى هينريش هيرتز أن يحقق عمليا نظرية ماكسويل، وأن يثبت أن موجات الراديو لها نفس خصائص موجات الضوء. ويلاحظ أن وحدة قياس تردد موجات الراديو (أو موجات هيرتز كما أطلق عليها فى بداية الأمر) هى الـ «هيرتز» (Hertz) نسبة إلى اسم مكتشفها، وتكتب «Hz» اختصارا. وقد توفى هيرتز عام ١٨٩٤ عن ٣٧ عاما فقط. وقد استطاع أوليفر لودج أن يستقبل إشارات لاسلكية مرسلة من مسافة ١٥٠ ياردة، وجرى ذلك بأوكسفورد بإنجلترا عام ١٨٩٤. وفى نفس الوقت كان كل من ماركونى الإيطالى وبوبوف الروسى يعملان، كل على حدة، لوضع اللمسات الأخيرة لأول نظام للاتصالات اللاسلكية. وفى عام ١٨٩٥، تمكن ماركونى من إرسال إشارات لاسلكية أمكن استقبالها على بعد كيلومترين. وفى عام ١٨٩٨، قام ماركونى بتأسيس شركة للتلغراف والإشارات اللاسلكية، واستطاع إرسال إشارات الراديو لمسافة ٦٠ ميلا. وفى نهاية عام ١٩٠١، تم استقبال ثلاث إشارات

خافتة مرسلة لاسلكيا عبر الأطلنطى من مدينة كورنوول بانجلترا إلى مدينة نيوفاوند لاند بالولايات المتحدة الأمريكية، بعد أن قطعت فى رحلتها مسافة تصل إلى ١٧٠٠ ميل. واعتبر هذا الاتصال بمثابة تدشين لعصر جديد، هو عصر الاتصالات اللاسلكية بعيدة المدى. وفى أقل من عشر سنوات، تمكن ماركونى من تطوير نظم الإرسال اللاسلكى للإشارات لتصبح أكثر كفاءة. وفى عام ١٩٠٩، حصل ماركونى على جائزة نوبل فى الفيزياء لتوظيفه موجات الراديو (أو موجات هيرتز) فى نقل الإشارات الكهربية لاسلكيا.

ومن ناحية أخرى، أحدث اختراع فليمنج الإنجليزى للصمام الثنائى أو «الدايود» (Vacuum diode) عام ١٩٠٤، واختراع لى دى فورست الأمريكى للصمام الثلاثى أو «الترايود» (Triode) عام ١٩٠٦ ثورة فى عالم الاتصالات، حيث أمكن بواسطتهما نقل الصوت لاسلكيا. والواقع أنه كان للترايود أهمية قصوى فى تكبير الإشارات اللاسلكية حتى تم استبداله فيما بعد بالترانزستور، ولذلك يسمى دى فورست «أبو الراديو». وفى عام ١٩٠٧، أمكن نقل الكلام أو الصوت لاسلكيا لمسافة ٢٠٠ ميل فى شرق الولايات المتحدة. وفى عام ١٩٢٠، بدأت أول محطة إرسال إذاعى عملها بمدينة بيتسبرج بالولايات المتحدة. وكان الإرسال الإذاعى يتم فى أوقات محددة. ولم يكد عام ١٩٢٣ ينتهى إلا وكانت هناك أكثر من ٥٠٠ محطة إذاعة فى الولايات المتحدة.

أما بالنسبة لأجهزة الاستقبال الإذاعى وتطويرها، فلقد كان للمهندس الأمريكى إدوين آرمسترونج دور كبير فى هذا المجال. فقد قام خلال الحرب العالمية الأولى (١٩١٤-١٩١٨) بتصميم جهاز استقبال ذى كفاءة عالية، يعرف باسم «سوبر هيتيروداين». واعتمدت فكرة هذا الجهاز على تخفيض تردد الموجة الحاملة للإشارة اللاسلكية (Carrier Frequency) تدريجيا خلال مرحلة أو أكثر، حتى يصل إلى النطاق الترددى الطبيعى للإشارة المرسلة

التى يراد استقبالها. ولايزال هذا النظام مستخدما فى أغلب أجهزة استقبال الراديو حتى وقتنا هذا. وفى عام ١٩٣٣، تمكن آرمسترونج أيضا من تصميم نظام جديد للإرسال، يعتمد على تضمين أو تعديل أو تشكيل تردد الموجة الحاملة طبقا للإشارة المراد إرسالها. أى أن تردد الموجة الحاملة يتم تغييره ليتوافق مع التغير فى سعة الإشارة المرسلة، وهو ما أطلق عليه «تضمين التردد» (Frequency Modulation) ويكتب اختصارا «FM». وحتى ذلك العام (١٩٣٣) لم تكن هناك سوى طريقة واحدة لتضمين الموجة الحاملة للإشارة المرسلة، عن طريق تغيير سعة الموجة الحاملة طبقا لسعة الإشارة المرسلة، وهو ما يعرف باسم «تضمين السعة» (Amplitude Modulation) ويكتب اختصارا «AM» . وفى عام ١٩٤٩ كانت هناك ٦٠٠ محطة إرسال تعمل بنظام الـ «FM».

أما أول محاولة للإرسال التليفزيونى، فقد قام بها عالم روسى يدعى زوريكاين عام ١٩٢٩. وفى عام ١٩٣٩، بدأت هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) فى البث التليفزيونى الأبيض والأسود على مستوى تجارى. وقد بيع فى لندن أكثر من عشرين ألف جهاز للاستقبال التليفزيونى فى ذلك العام. ثم ظهر الإرسال التليفزيونى الملون الذى اعتبر بمثابة تقدم هائل آخر إلى الأمام، وقد بدأ بثه فى الولايات المتحدة عام ١٩٥٤.

تطور الاتصالات خلال النصف الأخير من القرن العشرين :

شهدت هذه الفترة ثلاث قفزات هائلة شكلت نقاط تحول فى تطور الاتصالات:

□ **القفزة الأولى** تمثلت فى اختراع الترانزستور عام ١٩٤٨ بواسطة العلماء الأمريكيين براتان وباردين وشوكلى، وكانوا يعملون «بمعامل بل».

وقـد حصلوا على جـائزة نوبل عـام ١٩٥٦ لهذا الإنجـاز العظيم. وقد كـان لاختـراعهم هذا أثره الكبيـر فى تصغيـر حجم أجهـزة الإرسال والاستقـبال المستخدمة فى نظم الاتصالات.

□ القفـزة الثـانية كانت فى التـوصـل لصناعة الدوائر المتكاملة صغـيرة الحجم عالية الكثافة التى تحمل عددا كبيرا من دوائر الترانزستور. وقد أنتجت أول دائرة متكاملة عام ١٩٥٨ بواسطة العالم الأمريكى روبرت نويس.

ونتيجـة للقفزتين الأولى والثانية، أمـكن على سبيل المثال تصغـير حجم الحاسـب الذى كان يشـغل من قبل مـساحـة مبنى كـبيـر، ليصـبح حاسـبا شخصيـا صغير الحجم يمكن أن نحمله فى أيدينا، عـلاوة على أنه صار أكثر سرعة وأكبر سعة مقارنة بالحاسب الضـخم السابق.

□ القفـزة الثالثـة كانت فى عــام ١٩٤٨ أيضـــا، حينـما نشـر العالم الأمريكى شانون بحـثه الذى وضـع الأساس للاتصالات الرقمية الـتى تتميز بكفاءتها العالية، ولذلك فهو يعتبر «أبو نظرية المعلومات».

بعد ذلك تشـعبت الاتصالات فى مجالات أربـعة جديدة ترتبط ببعـضها البـعض فى شبـكة شديدة الدقـة والتـعقـيد. وهذه المجالات هى: اتصـالات الحاسبات، والاتصالات عبر الأقـمار الصناعية، والاتصالات بواسطة الألياف الضـوئية، واتصالات المحمول أو الاتصالات الشـخصية.

● بالنسـبة للمـجال الأول، وخلال الـفترة ١٩٥٠ - ١٩٧٠ كـانت هناك دراسات كثيرة للاتصالات بين الحاسبات. وقد بدأت أولى شبكات الاتصالات بين الحاســبات فى العـمل عام ١٩٧١ بالولايات المتـحدة، وسمـيت «آربانت» (ARPANET). ثم تطورت هذه الشـبكات تطورا مذهلا حتـى وصلت إلى ما نراه الآن فى شـبكة الإنترنت (سنعـرض لهذا الموضــوع بتفـصيل أكـثر فى الفصل السابع).

● أما المجال الثاني، أى الاتصالات عبر الأقمار الصناعية، فقد بدأت شرارتها الأولى بإطلاق الاتحاد السوفيتي لقمر الاتصالات «سبوتنيك ـ١» (Sputnik 1) عام ١٩٥٧، وقد ظل يرسل إشارات من الفضاء لمدة ٢١ يوما. ثم تبعته الولايات المتحدة الأمريكية بإطلاق أول قمر لها عام ١٩٥٨ ويحمل اسم «المكتشف ـ١» (Explorer 1)، وقد ظل يرسل إشارات من الفضاء لمدة خمسة أشهر تقريبا. ولكن القفزة الأولى الحقيقية فى مجال الاتصالات قد تحققت بإطلاق الولايات المتحدة للقمر «تلستار ـ١» (Telestar 1) عام ١٩٦٢. وقد صنع هذا القمر فى «معامل بل»، واستطاع أن ينقل برامج تليفزيونية عبر الأطلنطى، وذلك باستخدام محطات استقبال لها هوائيات ضخمة. ثم توالى إطلاق الاقمار بعد ذلك لتكوّن شبكات فى الفضاء تربط بين أرجاء الأرض ـ وسنتحدث فى الفصل الخامس بإسهاب أكثر عن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية.

● والمجال الثالث، الذى شهد طفرة كبيرة خلال العقود الأربعة الأخيرة، هو الاتصالات عبر الألياف الضوئية. ويمكننا أن نرصد البداية الحقيقية لهذا النوع من الاتصالات فى اكتشاف أشعة الليزر وتطويرها فى الفترة ١٩٥٨-١٩٦٠ بواسطة العالمين الأمريكيين شاولو وتاونس، والعالمين الروسيين باسوف وبروخوروف. وقد حصلوا جميعا على جائزة نوبل عام ١٩٦٤. وتكمن أهمية أجهزة إرسال أشعة الليزر فى تجانس الضوء المنبعث منها وقوته الشديدة. أما الخطوة التالية التى شكلت علامة بارزة على طريق الاتصالات عبر الألياف الضوئية، فقد حدثت عام ١٩٦٦ حينما حدد العالمان الإنجليزيان كاو وهوكهام أسباب الفقد الكبير فى قدرة الإشارات المرسلة عبر الألياف الضوئية مما لا يمكنها من الانتقال لمسافات بعيدة. وقد كان ذلك حافزا للشركات المصنعة للألياف الضوئية لتلافى هذه الأسباب، حتى أمكن حاليا صناعة ألياف ضوئية بفاقد ضئيل جدا.

● والمجال الرابع الذى لا نستطيع أن نغفله هو اتصالات المحمول، التى يطلق عليها أحيانا الاتصالات الشخصية اللاسلكية ؛ لأنها تمكن الإنسان من أن يسير وفى يده محطة متنقلة للاتصالات تربطه بأى نقطة على سطح الأرض. ويستطيع المستخدم لهذا المحمول أن يرسل أو يستقبل رسالة مسموعة أو مرئية أو مقروءة. وخلال العقدين الأخيرين فإن البحث فى هذا المجال يسير، ولا يزال، على قدم وساق - وسنفرد لهذا الموضوع الفصل السادس لنتناول بعض معالمه.

مما تقدم نرى أن تطور الاتصالات بمعناها الحديث بدأ بطيئا خلال القرن التاسع عشر، ثم تسارعت الخطى خلال النصف الأول من القرن العشرين. وقد كان للحربين العالميتين الأولى والثانية أثر فى ذلك. ومع بداية النصف الثانى من القرن العشرين، صارت الخطى قفزات واسعة، وتشعبت مجالات الاتصالات تشعبا كبيرا حتى بات من الصعب ملاحقة تطورها. ويبين الجدول رقم (١-١) الأحداث المهمة فى مسيرة تطور الاتصالات.

جدول (١-١) : الأحداث المهمة فى مسيرة تطور الاتصالات

السنة	الحدث
١٧٩٠-١٨٠٠	اخترع «فولتا» البطارية الكهربية.
١٨٢٠	اكتشف «أورستيد» أن التيارات الكهربية تنتج عنها مجالات مغناطيسية.
١٨٣٠-١٨٤٠	توصل «فاراداى» وآخرون إلى أن تغيير المجالات المغناطيسية تتولد عنه مجالات كهربية.
١٨٣٤	تمكن «جاوس» و «ويبر» من تصميم أول نظام تلغرافى كهرومغناطيسى.

تابع جدول (١-١)

السنة	الحدث
١٨٣٧	نجح «كوك» و «هويتستون» فى بناء نظام تلغرافى متطور.
١٨٤٢	أقام «مورس» بالولايات المتحدة أول خط تلغرافى بين مدينتى بالتيمور وواشنطن.
١٨٦٠	صمم «رايس» الألمانى أول نظام تليفونى.
١٨٦٤	نشر «ماكسويل» نظريته عن الموجات الكهرومغناطيسية.
١٨٦٦	أنشئ أول خط تلغرافى عبر الأطلنطى.
١٨٧٦	قام «بل» بتطوير النظام التليفونى.
١٨٨٧	قام «هيرتز» بإجراء أول تجارب عن انتشار الموجات لإثبات صحة نظريات «ماكسويل».
١٨٩٤	نجح «لودج» فى إرسال إشارات لاسلكية لمسافة ١٥٠ ياردة.
١٨٩٨	استطاع «ماركونى» و «جاكسون» إرسال إشارة لاسلكية لمسافة ٦٠ ميلا.
١٩٠١	نجح «ماركونى» فى إرسال إشارات لاسلكية عبر الأطلنطى.
١٩٠٤	اخترع «فليمنج» الصمام الثنائى المعروف باسم الدايود.
١٩٠٦	اخترع «لى دى فورست» الصمام الثلاثى أو الترايود.
١٩٢٠	أقيمت أول محطة للإرسال الإذاعى بمدينة بيتسبرج الأمريكية.
١٩٢٩	عرض «زوركاين» نظاما للإرسال التليفزيونى.
١٩٣٣	قام «آرمسترونج» بوضع نظام جديد لتضمين الإشارة عن طريق تغيير تردد الموجة الحاملة طبقا لسعة الإشارة، المعروف بنظام الـ FM.

تابع جدول (١-١)

السنة	الحدث
١٩٣٦	قامت هيئة الإذاعة البريطانية بتدشين البث التليفزيونى الأبيض والأسود.
١٩٤٨	قام «براتان» و «باردين» و «شوكلى» ببناء أول مكبر للإشارات باستخدام الترانزستور.
١٩٥٠-١٩٦٠	أمكن تطوير شبكات الميكروويف.
١٩٥٣	تم مد أول كابل للتليفونات عبر الأطلنطى.
١٩٥٤	بدأ بث أول إرسال تليفزيونى ملون بالولايات المتحدة.
١٩٦٠	تم بناء أول جهاز ليزر.
١٩٦٢	تم إطلاق أول قمر صناعى للاتصالات عبر الأطلنطى (تلستار ـ١). وكانت هناك محاولات تجريبية سابقة على ذلك، بدأت عام ١٩٥٧ بإطلاق الاتحاد السوفيتى لـ «سبوتنيك ـ١».
١٩٧٠	حدث تطور سريع للاتصالات فى جميع الاتجاهات سواء عبر الأقمار الصناعية، أو عبر الألياف الضوئية، أو عن طريق شبكة اتصالات الحاسبات التى أسفرت عن ظهور الإنترنت، أو عن طريق الاتصالات اللاسلكية الشخصية للمحمول. واعتمد ذلك على استخدام الدوائر الإلكترونية المتكاملة كبيرة الكثافة (VLSI)، والدوائر المتكاملة للنبائط الكهروضوئية، والحاسبات فائقة السعة والسرعة، والحاسبات التى تستخدم فى التصوير الطبى ـ كما هو الحال فى الرنين المغناطيسى ـ كما حدث تطور كبير فى التصوير الرادارى والفلكى.

الفصل الثانى

قنــوات الاتصــال

قــبل أن نبــدأ الحديث عن أنواع قــنوات الاتصال لابد أن نــعرف مــا هو المقصود بالاتصـالات الكهربية، وما هى الرسائل التى يمكن نقلها.

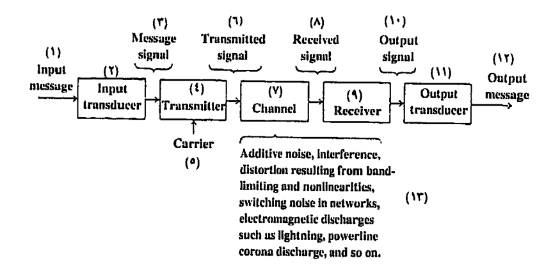
ما هى الاتصالات الكهربية ؟

الاتصــالات الكهربيــة تعنى إرســال رسالة ـ بعــد تحــويلها من شكلهــا الطبيعى إلى إشارة كهربية ـ من نقطة ما على سطح الأرض إلى نقطة أخرى بعيدة عنهــا. وفى بعض الأحيان تقع النقطتان فى مكان واحد كـما هو الحال فى أجهزة الرادار والسونار.

ويمثل الشكل (٢-١) نموذجا عامــا لنظم الاتصالات سنعرض فــيما يلى لأجزائه الواحد تلو الآخر :

محول طاقة الدخل Input Transducer :

وهو يقوم بتحــويل رسالة الدخل المراد إرسالها من شكلهــا الطبيعى إلى إشارة كــهربية. والإشارة الكهـربية تعنى تغيــرا فى الجهد الكهــربى أو شدة



شكل (٢-١) : رسم تخطيطى لمراحل نظام الاتصالات [مرجع ٢٨]

(١) الرسالة الداخلة، (٢) محول طاقة الدخل، (٣) إشـارة الرسالة، (٤) جهاز الإرسال (المُرسل)، (٥) الموجة الحاملة، (٦) الإشارة المرسلة، (٧) قناة الاتصـال، (٨) الإشارة المستقبلة، (٩) جـهاز الاستقبال (المسـتقبل)، (١٠) الإشـارة الخارجـة، (١١) محـول طاقة الخـرج، (١٢) الرسالة الخـارجة، (١٣) خـلال القناة يمكن أن تضاف الشوشرة، ويحـدث التداخل والتشويه للإشارة نتيـجة لعدم خطية القناة ومحدوديـة اتساع نطاقها التـرددى، كـمـا أن هناك نوعـا من الشـوشـرة الفـجـائيـة يمـكن أن يحـدث نتـيـجـة لتـفـريغ الشـحنات الكهرومغناطيسية فى حالة البرق، أو من خطوط الضغط العالى، أو غير ذلك.

التيار الكهربى مع الزمن. والرسالة المراد إرسـالها قد تكون كلاما أو صورة، أو قيـاسـات لدرجة الحرارة أو الضـغط الجوى، أو نصا مكتوبا، أو برنامـجا لحاسب أو غـيرها. وإذا أردنا مثـالا لمحول طاقة الدخل، نجـد أن الميكروفون الإذاعى أو التليفـونى يقوم بتحويل الذبذبات الصـوتية إلى تغيرات مـتناسبة معـها فى التـيار الكهربى الخـارج منه. وكذلك تقـوم الكاميـرا التليفـزيونية بتـحويل الإشـارات الضوئـية المنعكسـة من الصـورة إلى إشارات كـهربيـة متناسبـة معها.. وهكذا. وجـدير بالذكر أنه يوجد العديد مـن المحولات لطاقة الدخل، ويعتمد كل منهـا على نوع الرسالة الداخلة.

المُرسِل Transmitter :

الهدف من جهاز الإرسال هو ربط الإشارة الكهربية التى تمثل الرسالة بقناة الاتصال. وعادة يتم فى جهاز الإرسال تحميل الإشارة على «موجة حاملة» (Carrier)، وتسمى عملية التحميل هذه تشكيلا أو تضمينا للموجة الحاملة بالإشارة (Modulation). وهناك عدة طرق للتضمين منها تضمين السعة (AM) أو التردد (FM) أو الطور (PM).

وللتضمين عدة فوائد أهمها أنه يسهل عملية البث لمسافات طويلة بنسبة فقد مقبولة للطاقة، ويقلل من تأثيرات الشوشرة والتداخل ويحدد الإشارة المرسلة بحيث يمكن التعرف عليها، كما أنه يمكِّن من إرسال عدة رسائل خلال قناة اتصال واحدة (Multiplexing).

قناة الاتصال :

هى الوسيط الذى يربط بين طرفى الاتصال أو بين المرسل والمستقبل. وهذه القناة قد تكون سلكية أو لاسلكية. وأشهر القنوات السلكية هى تلك التى تربط بين تليفون المشترك والسنترال المحلى (Local Exchange)، أو الكابلات - نحاسية كانت أو ألياف ضوئية - التى تربط بين السنترالات بعضها بعضا. أما بالنسبة للقنوات اللاسلكية، فعادة ما يوجد هوائى لكل طرف من طرفى الاتصال ولا يفصل بينهما سوى الأثير من طبقات الجو. وأمثلة القنوات اللاسلكية كثيرة، منها البث الإذاعى والتليفزيونى، والاتصالات عبر الأقمار الصناعية، واتصالات المحمول. وسنتحدث فى هذا الفصل عن أنواع القنوات بشىء من الإسهاب والتفصيل.

المستقبل Receiver :

الهدف الأساسى لجهاز الاستقبال أو المستقبل، هو استخلاص الإشارة الكهربية التى يتم استقبالها من موجتها الحاملة ـ وتسمى هذه العملية «فك التضمين» (Demodulation) ــ ليتم تسليمها بعد ذلك لمحول طاقة الخرج.

محول طاقة الخرج Output Transducer :

يقوم بتحويل الإشارة الكهربية إلى شكلها الأصلى الذى تم إرسالها به من صوت أو صورة أو خلافه. ومن أمثلة محول طاقة الخرج، السماعة أو المجهار (Loudspeaker) فى حالة جهاز استقبال البث الإذاعى، أو شاشة التليفزيون فى حالة الاستقبال التليفزيونى.

وبذلك تكون دائرة الاتصال قد اكتملت، وسننتقل بعد ذلك لإلقاء بعض الضوء على قنوات الاتصال.

قنوات الاتصال وأنواعها :

كما ذكرنا سابقا فإن قناة الاتصال هى الوسيط الذى يربط بين المرسل والمستقبل، والذى تنتقل خلاله الإشارة. وقد تكون القناة زوجا من الأسلاك المفتولة (Twisted pair) يحمل الإشارة الكهربية، أو أليافا ضوئية تحمل شعاعا ضوئيا متضمنا الإشارة، أو مياه بحر أو محيط تنتقل خلالها الرسالة بالموجات الصوتية، أو فضاء يحمل الإشارة الكهربية التى تم بثها من هوائى المرسل. وهناك وسائط أخرى يمكن اعتبارها قنوات اتصال، وهى وسائط تخزين المعلومات مثل الشرائط الممغنطة والأقراص الممغنطة والأقراص الضوئية. وفيما يلى سنعرض بإيجاز لكل نوع من هذه القنوات مع بيان لأهم تطبيقاته:

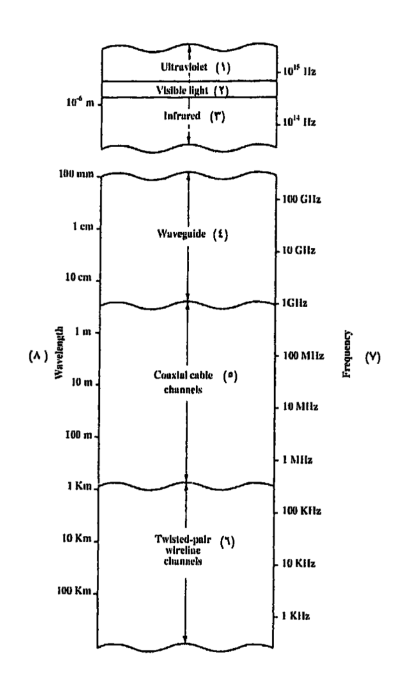
١- **القنوات السلكية :** وأشهر تطبيقاتها هو شبكة التليفونات السلكية التى تستخدم فى نقل الرسائل الصوتية بالإضافة للبيانات والفيديو. وتعتبر أزواج الأسلاك المفتولة والكوابل المحورية هما أساس القنوات السلكية للاتصالات ذوات النطاق الترددى المتوسط. وتجدر الإشارة إلى أن زوج الأسلاك الذى يربط بين المشترك والسنترال المحلى التابع له لا يتجاوز نطاقه الترددى بضع مئات من الكيلوهيرتز[1] (KHz)، فى حين يتجاوز النطاق الترددى للكابلات المحورية عدة مئات من الميجاهيرتز[2] (MHz). وعادة ما يستخدم الكابل المحورى للربط بين السنترالات المحلية داخل المدينة الكبيرة، أو بين السنترالات المركزية للمدن المختلفة. ولا تزال القنوات السلكية تمثل النسبة الكبرى للاتصالات على مستوى البلد الواحد وعلى مستوى العالم. ويبين الشكل رقم (٢-٢) النطاق الترددى للقنوات السلكية المختلفة.

٢- **قنوات الألياف الضوئية :** وتتميز هذه القنوات عن سابقتها بسعة نطاقها الترددى الذى يتجاوز بمئات المرات النطاق الترددى للكابلات المحورية. وقد حدث فى السنوات الأخيرة تقدم كبير فى تصنيع كابلات الألياف الضوئية، وأصبحت نسبة الفقد فى قوة الإشارة قليلة جدا، مما ساعد على استخدامها فى الاتصالات عبر المحيط الأطلنطى والمحيط الهادى. وبالإضافة إلى قدرة هذه القنوات على استيعاب حركة اتصالات كبيرة من مكالمات تليفونية إلى برامج تليفزيونية وغيرها، فإن التداخل بين الإشارات فيها أقل بكثير من مثيله فى الكابلات النحاسية المحورية. ولم يعد استخدام هذه القنوات يقتصر على المسافات البعيدة بل أصبحت تستخدم على النطاق المنزلى المحلى، مما أتاح الفرصة أمام المشتركين للاستفادة من خدمات اتصال تشمل الصوت والبيانات والفاكس والفيديو. والإشارة المرسلة خلال هذه

---

(١) الكيلوهيرتز = 10^{3} هيرتز.

(٢) الميجاهيرتز = 10^{6} هيرتز.



شكل (٢-٢) : النطاق الترددى لقنوات الاتصال السلكية [مرجع ١٩]

mm = ملليمتر، cm = سنتيمتر، m = متر، Km = كيلو متر، Hz = هيرتز، KHz = كيلو هيرتز
MHz = ميجاهيرتز GHz = جيجا هيرتز

(١) فوق البنفسجية، (٢) الضوء المرئى، (٣) دون الحمراء، (٤) دليل موجى، (٥) قنوات الكابل المحورى، (٦) قنوات الزوج السلكى المفتول، (٧) التردد، (٨) طول الموجة

القنوات تكون فى صورة شعاع ضوئى مصدره دايود ضوئى مشع، أو شعاع ليزر تتغير شدته طبقا للرسالة المراد نقلها. وفى جهاز الاستقبال يتم الكشف عن شدة الضوء بواسطة دايود ضوئى (Photodiode) ، وهو الذى يقوم بتحويل الإشارة الضوئية إلى أخرى كهربية تتغير طبقا لتغير شدة الضوء الساقط على الدايود. ومن المتوقع أن يتم إحلال شبكات الألياف الضوئية محل جميع الشبكات السلكية النحاسية فى السنوات الأولى من القرن الحادى والعشرين.

٣- **قنوات الاتصال اللاسلكية** : فى هذه الحالة يتم بث الطاقة الكهرومغناطيسية الخاصة بالرسالة خلال الأثير أو الفضاء بواسطة هوائى جهاز الإرسال. ويعتمد طول الهوائى (الايريال) على تردد الموجة الحاملة للرسالة. وللبث الجيد، يجب أن يكون طول الهوائى أكبر من عُشْر (٠.١) طول الموجة، علما بأن :

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الضوء}}{\text{التردد}}$$ وسرعة الضوء = 3×10^{8} متر/ ثانية

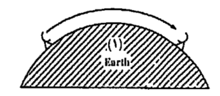
فإذا افترضنا أن تردد الموجة الحاملة للرسالة يساوى واحد ميجاهيرتز، فإن طول هذه الموجة يساوى ٣٠٠ متر، وبالتالى يجب ألا يقل طول الايريال عن ٣٠ مترا.

وتنتشر الموجات اللاسلكية بثلاث طرق هى : الانتشار الأرضى(Ground Wave Propagation)، والانتشار السماوى (Sky Wave Propagation)، والانتشار على مدى البصر (Line of Sight). وفى نطاق الترددات شديدة الانخفاض، والترددات المسموعة حينما يزيد طول الموجة على ١٠ كم، فإن سطح الأرض وطبقة الأيونوسفير (سيتم تعريفها لاحقا) يعملان كدليل موجى (أى كمسار للموجات) لانتشار الموجات الكهرومغناطيسية. وفى هذا النطاق الترددى يتم الانتشار عادة حول سطح الأرض. ولهذه الأسباب فإن

هذه الترددات تستخدم فى إرسال الإرشادات الملاحية من الشواطىء إلى السفن.

ويبين الشكل (٢ –٣) الانتشار الأرضى للموجات الذى يلائم عادة الموجات متوسطة النطاق الترددى (٠,٣ – ٣ ميجاهيرتز). وأهم الاستخدامات لهذا النطاق هى الاتصالات اللاسلكية البحرية والإذاعة للموجات المتوسطة المشكلة السعة (AM)(٣). ولا يزيد مدى إرسال أقوى محطات الإذاعة فى هذه الحالة على ١٥٠ كيلومترا. وعادة ما تقام محطات تقوية للاستقبال وإعادة البث حتى يتم تغطية جميع المناطق المراد تغطيتها بهذا الإرسال الإذاعى.

والنوع الثانى من انتشار الموجات اللاسلكية هو الانتشار عبر السماء،



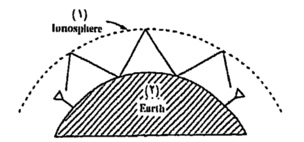
شكل (٢-٣) :انتشار الموجات الأرضية [مرجع ١٩]

(١) الأرض

كما هو موضح بالشكل (٢ – ٤). وفى هذه الحالة تنعكس الموجات من طبقة الأيونوسفير إلى الأرض. وتتكون الأيونوسفير بدورها من عدة طبقات تحتوى على جسيمات مشحونة، وهى تقع على ارتفاع من ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر من سطح الأرض. وتعمل أشعة الشمس خلال ساعات النهار على تسخين الطبقات السفلى من الأيونوسفير على ارتفاعات أقل من ١٢٠

---

(٣) موجات الإذاعة المتوسطة هى التى يقع تردد الموجة الحاملة لها بين ٥٥٠ و١٦٠٠ كيلو هيرتز، وطولها بين ١٨٧,٥ و ٥٤٥,٥ متر. ويتم تضمين الإشارة بتغيير سعة الموجة الحاملة (انظر الفصل الأول).



شكل (٢-٤) : انتشار الموجات السماوية [مرجع ١٩]
(١) طبقة الأيونوسفير (٢) الأرض

كيلومتـرا. وينتج عن ذلك زيادة فى كثافة الإلكتـرونات الحرة، مما يؤدى إلى امتصـاص الموجات الكهرومغناطيسـية التى تقل تردداتها عن ٢ ميـجاهيرتز، وبالتالى الحد من الإرسال الإذاعى بنظام الـ AM. أما فى ساعات الليل، فإن كثافـة الإلكترونات الحرة تقل كثيرا فى طـبقات الأيونوسفير السـفلى، فيقل تبعـا لذلك امتصـاص الموجات مقـارنة بساعات النهـار. وهكذا يمكن لمحطات الإذاعـة القوية أن تبث إرسـالها عـبر طبـقـة الأيونوسفـير على ارتفـاع من ١٤٠-٤٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض.

وهناك مشكلة أسـاسية تحـدث نتيجة لانتـشار الموجات السـماوية ذات التـردد العـالى أو المرتفع [High Frequency (HF)] ، هى تعـدد مـسـارات الإشارة المرسلـة. ونتيجـة لذلك فإن المسـتقبل يتـلقى عدة إشارات مـتتـالية بفواصل زمنيـة تتفاوت تبعـا لطول المسارات التى قطعتهـا الإشارة المرسلة. وفى أغلب الأحيـان تكون محصلة هذه الظاهرة هى إضـعـاف الإشارة، فيـما يعرف بـ «ظاهرة الخفوت» (Fading). وكثيـرا ما يلاحظ الناس هذه الظاهرة خـلال استـماعـهم لمحطات إذاعيـة بعيـدة أثناء الليل حـينما تكون الموجـات السـماوية هى الغـالبة. وفى نظم الاتصـالات الرقمـية، فـإن تعدد مـسارات الإشارة المرسلة يتـسبب فى تداخل رمـوز الإشارة [Intersymbol Interfer-ence (ISI)] مما يؤدى إلى تشوهها.

وتتوقف الموجات السماوية عن الانتشار فى طبقة الأيونوسفير عند الترددات التى تزيد على ٣٠ ميجاهيرتز، وهى النهاية القصوى لنطاق التردد العالى (HF). وتتوافر إمكانية الاتصال لمسافات تصل إلى عدة مئات من الأميال باستخدام التشتت خلال طبقة التروبوسفير(٤)، فى نطاق ترددى من ٤٠-٣٠٠ ميجاهيرتز. وطبقة التروبوسفير هى إحدى طبقات الغلاف الجوى، وتقع على ارتفاعات منخفضة تصل إلى أقل من ١٦ كيلومترا من سطح الأرض. ونظرا لأن انتشار الموجات عن طريق التشتت يصاحبه فقد كبير فى قوة الإشارة، فإن أجهزة الإرسال لابد من أن تبث قوة إرسال كبيرة، كما تحتاج إلى هوائيات كبيرة الحجم نسبيا.

أما النوع الثالث من انتشار الموجات اللاسلكية، فهو الانتشار على مدى البصر [Line of Sight (LOS)]. وهذا يعنى أننا يمكن أن نمد خطا مستقيما بين هوائى المرسل وهوائى المستقبل بدون عائق بينهما، أى أن هوائى المستقبل يمكن أن يرى هوائى المرسل. وهذا النوع من انتشار الموجات يحكمه انحناء سطح الأرض. فإذا كان ارتفاع هوائى المرسل عن سطح الأرض هو «هـ» مترا، فإن أقصى مسافة يمكن أن تنتقل إليها الإشارة على مدى البصر - على افتراض عدم وجود أى عوائق من جبال أو غيرها - تساوى $\sqrt{١٥ هـ}$ كيلومتر تقريبا. فإذا افترضنا أن ارتفاع هوائى إرسال تليفزيونى هو ٣٠٠ متر، فإن المسافة التى يمكن تغطيتها تصل إلى حوالى ٦٧ كيلومترا. ومن أمثلة هذا النوع من انتشار الموجات الإرسال التليفزيونى، والإرسال عبر الأقمار الصناعية، ووصلات الميكروويف التى تستخدم فى النقل التليفونى والفيديو عند ترددات تتجاوز واحد جيجاهيرتز.(٥)

---

(٤) أى تشتت الإشارات المرسلة من الأرض خلال هذه الطبقة، وينعكس بعضها فى مسارات متعددة، فيمكن استقبالها مرة أخرى فى أماكن بعيدة عن جهاز الإرسال.

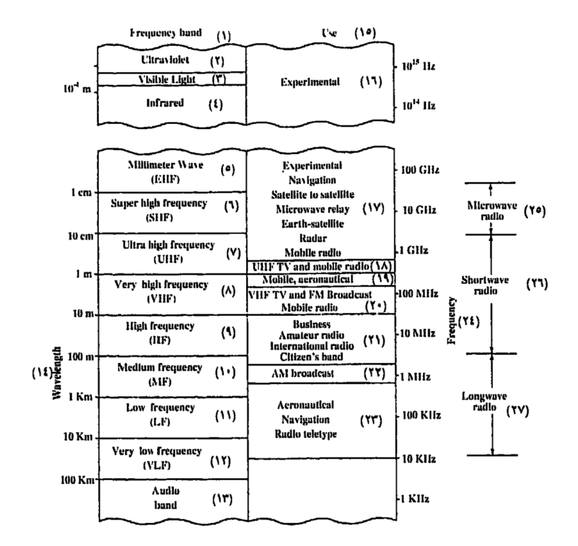
(٥) الجيجاهيرتز = $١٠^{٩}$ هيرتز.

ويبين الشكل (٢ ـ ٥) النطاق الترددى للقنوات اللاسلكية، و'لاستخدام العملى لكل نطاق.

٤- **قنوات الاتصال الصوتية تحت الماء :** خلال العقود الأخيرة ازداد الاهتمام باستكشاف ما يجرى فى أعماق البحار والمحيطات. ونظرا لكثرة البيانات المراد تجميعها، توضع أجهزة استشعار (Sensors) تحت الماء لنقل الإشارات الصوتية إلى سطح الماء، حيث يتم تحويلها إلى إشارات كهربية يتم إرسالها عبر الأقمار الصناعية أو غيرها من الوسائل إلى مركز تجميع البيانات. إذ وجد أن الموجات الكهرومغناطيسية لا تستطيع الانتشار لمسافات طويلة تحت الماء. وعلى سبيل المثال، فإن إشارة كهرومغناطيسية يبلغ ترددها ١٠ هيرتز لا تستطيع الانتشار بفقد معقول إلا لمسافة ٢,٥ متر، بينما الإشارات الصوتية يمكنها أن تنتشر لمسافات تصل إلى عشرات أو مئات الكيلومترات.

٥- **قنوات التخزين :** تشكل نظم تخزين المعلومات واسترجاعها أهمية كبرى فى حياتنا العملية. ومن أمثلة قنوات التخزين الشرائط المغنطة التى تشمل الشرائط الرقمية المسموعة أو المرئية، وأيضا الأقراص المغنطة والأقراص الضوئية والأقراص المضغوطة لتخزين برامج الحاسب. وتجدر الإشارة إلى أن عملية التخزين على الشرائط أو الأقراص تماثل عملية إرسال إشارة خلال قناة تليفونية أو لاسلكية، بينما تماثل عملية استرجاع قراءة المعلومات أو رؤيتها عملية الاستقبال فى القنوات التليفونية أو اللاسلكية.

وتعتمد كثافة تخزين المعلومات ـ التى تقاس بعدد البتات (bits) فى البوصة المربعة ـ على حجم الشريط أو القرص. وقد تصل كثافة التخزين حاليا إلى ٩١٠ بت لكل بوصة مربعة.



شكل (٢ – ٥) : النطاق الترددى للقنوات اللاسلكية وتطبيقات كل نطاق [مرجع ١٩]

cm = سنتيمتر، m = متر، Km = كيلو متر، Hz = هيرتز، KHz = كيلو هيرتز، MHz = ميجاهيرتز،
GHz = جيجا هيرتز

(١) نطـاق التردد، (٢) فـوق البنفسـجـية، (٣) الضـوء المرئى، (٤) دون الحمـــراء، (٥) الموجات المللميـترية، (٦) التردد فائق الارتفـاع، (٧) التردد فوق المرتفع، (٨) التردد المرتفع جدا (٩) التـردد المرتفع، (١٠) التردد المتوسط، (١١) التردد المنخـفض، (١٢) التردد المنخفض جدا، (١٣) النطاق المسـموع، (١٤) طول الموجة، (١٥) الاسـتخدام، (١٦) فى مـرحلة التجـارب، (١٧) التجـارب الملاحيـة – من قمـر صناعى إلى آخر – وصـلات الموجات المتنـاهـية القصر– من الأرض إلى القمـر الصــناعى ـــ الرادار ـــ اتصــالات الراديو للمتحـركات، (١٨) الإرسال التليفزيونى فى نطاق فـوق المرتفع واتصالات الراديـو للمتـحركـات، (١٩) المتحـركات – الاتصــالات الجوية، (٢٠) الإرســال التليفـزيونى فى نطاق التردد المرتفع جدا والإرســال الإذاعى بموجات FM – اتصالات الراديو للمتـحركات، (٢١) الأعمــال – اتصالات الراديو للهواة – الراديو الدولى – نطاق المواطن، (٢٢) الإرســال الإذاعى بموجات AM، (٢٣) الملاحة الجوية – الكتابة عن بعد بالراديو، (٢٤) التردد، (٢٥) موجات الراديو متناهية القصر، (٢٦) موجات الراديو القصيرة، (٢٧) موجات الراديو الطويلة٠

الفصل الثالث

الاتصالات السلكية

لاتزال الاتصالات السلكية تمثل العمود الفقرى للاتصالات فى شتى أنحاء العالم. وكما ذكرنا فى الفصل الأول، فقد بدأت الاتصالات تاريخيا بالتلغراف والتليفون السلكيين ثم أضيفت إليهما فى العصر الحديث خدمات أخرى مثل الفاكس والفيديو، ليصبح لدينا شبكة اتصالات متكاملة. وقد تكون الاتصالات سلكية فى جميع مراحلها بين طرفى الاتصال، أو سلكية فى مرحلة ولاسلكية فى مرحلة أخرى. فإذا أراد مشترك بمصر أن يتصل تليفونيا بآخر فى الولايات المتحدة الأمريكية مثلا، فإن مكالمته تسير فى الشبكة السلكية المصرية، لتخرج منها لاسلكيا عبر الأقمار الصناعية، ثم تكمل رحلتها عبر الشبكة السلكية الأمريكية حتى تصل للمشترك المطلوب. وحتى فى داخل المدينة الواحدة، يستطيع المشترك فى تليفون سلكى الاتصال بمشترك آخر على تليفونه المحمول، والعكس صحيح أيضا.

مما تقدم يتضح أن الاتصالات السلكية لها أهميتها التى ستستمر فترة طويلة من الزمن. وفى الاتصالات السلكية، تكون قناة الاتصال عبارة عن أسلاك نحاسية أو ألياف ضوئية. غير أن الثانية (أى الألياف الضوئية) بدأت تحل محل الأولى تدريجيا، خاصة فى الوصلات التى تحمل حركة اتصال

كثيفة. ومع الزيادة المتوقعة فى الخدمات ستزيد حركة الاتصالات حتى على مستوى المشترك الواحد، مما يشجع على زيادة رقعة استخدام الألياف الضوئية لتصل إلى المشترك العادى. وسنعرض فى هذا الفصل لمثلين مهمين للاتصالات السلكية هما: الاتصالات التليفونية والفاكس.

الاتصالات التليفونية

تتكون أى شبكة للاتصالات من ثلاثة عناصر أساسية هى: الأطراف ـ وفى حالتنا هذه هى العدد التليفونية ـ ونظم الإرسال، أما العنصر الثالث فهو نظم التحويل التى تعتمد على المحولات. والمحولات هى التى تربط بين الأطراف، وفى حالة التليفونات تسمى تجاوزا «السنترالات» لأنها غالبا ما تكون مركزية. وسنتحدث عن كل عنصر من هذه العناصر فيما يلى :

عدة التليفون:

التليفون بمعناه البسيط هو جهاز يربط الإنسان بالعالم الخارجى بواسطة زوج من الأسلاك. وتتكون عدة التليفون من السماعة، وحامل لها يحتوى على جهاز للإشارات به قرص أو أزرار ضاغطة. وفى بعض عدد التليفون تحتوى السماعة على جهاز الإشارات. وتتكون السماعة من محولين للطاقة: أحدهما المستقبل، وهو ما يوضع على الأذن ويقوم بتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة صوتية ؛ وثانيهما المرسل، وهو ما يوضع أمام الفم ويقوم بتحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربية. والمرسل عبارة عن ميكروفون يتكون من غشاء رقيق توجد خلفه حبيبات كربونية حرة الحركة يصلها ـ عند رفع السماعة ـ تيار مستمر من بطارية مركزية موجودة بالسنترال المحلى الذى يتبعه تليفون المشترك. وعندما يتحدث المشترك، فإن الموجات

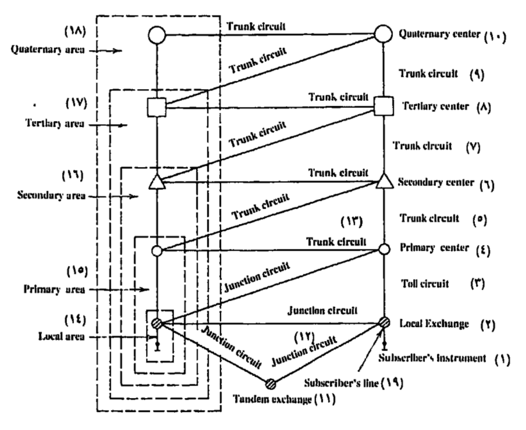
الصوتية تُحدث تغيرا فى ضغط الهواء الذى يؤثر بدوره على غشاء المرسل فيتذبذب. ويضغط الغشاء المتذبذب على الحبيبات الكربونية فيؤدى إلى تغير فى مقاومتها، ويصاحب ذلك تغير فى التيار الكهربى يتناسب مع شدة موجات الصوت الأصلية.

أما المستقبل، فيتكون من غشاء رقيق مصنوع من مادة مغناطيسية، عادة ما تكون سبيكة حديدية. ويحيط بالغشاء مجالان مغناطيسيان أحدهما ثابت والآخر قابل للتغير. وعندما تصل الإشارة الكهربية التى تمثل صوت المرسل ـ وهى كما ذكرنا تكون فى صورة تيار كهربى متغير ـ فإنها تجد طريقها إلى ملفات المجال المغناطيسى للمستقبل حيث تُحدث تغيرا به. يتذبذب الغشاء المغناطيسى الرقيق بفعل التغير فى المجال المغناطيسى، ويصاحب ذلك حدوث تغير فى ضغط الهواء يؤدى إلى إصدار موجات صوتية تكاد تكون نسخة طبق الأصل من الصوت المرسل.

نظم الإرسال:

قبل أن نبدأ الحديث عن أنواع الربط بين المشتركين فى الاتصالات التليفونية والسنترالات المحلية، أو بين السنترالات وبعضها البعض، فإنه يجدر بنا أن نقدم وصفا مبسطا لشبكة التليفونات وتكوينها الهرمى.

ويوضح الشكل (٣-١) (التكوين الهرمى للسنترالات طبقا لمواصفات الهيئة الاستشارية الدولية للتلغراف والتليفون (CCITT). وهذا النظام تطبقه جميع دول العالم باستثناء دول أمريكا الشمالية التى تتبع نظاما آخر يشبه إلى حد كبير النظام الدولى. وكما يتضح من الشكل، فهناك سنترالات تتصل مباشرة بالمشتركين، وهى ما يطلق عليها سنترالات محلية (Local Exchange)، وسنترالات أخرى للعبور ـ تسمى أيضا سنترالات الترنك ـ (Transit or Trunk Exchange).



شكل (٣-١) : الشبكة الهرمية للسنترالات التليفونية ومناطقها المقابلة، طبقا لمواصفات الهيئة الاستشارية الدولية للتلغراف والتليفون [مرجع ٦]

(١) عدة المشترك، (٢) سنترال محلي، (٣) دائرة سنترال، (٤) سنترال الترنك الأول، (٥) دائرة ترنك، (٦) سنترال الترنك الثاني، (٧) دائرة ترنك، (٨) سنترال الترنك الثالث، (٩) دائرة ترنك، (١٠) سنترال الترنك الرابع، (١١) سنترال مترادف، (١٢) دائرة وصل، (١٣) دائرة ترنك، (١٤) المنطقة المحلية، (١٥) المنطقة الاولى، (١٦) المنطقة الثانية، (١٧) المنطقة الثالثة، (١٨) المنطقة الرابعة، (١٩) خط المشترك

وهذه الأخيرة تنقسم إلى مستويات يعتمد عددها على الكثافة والتوزيع الجغرافى للمشتركين داخل الدولة. ففى الدول الكبيرة الحجم يزداد عدد هذه المستويات، بينما يقل فى الدول الصغيرة. وترتبط السنترالات فى كل مستوى بشبكة تربط فيما بينها، وبينها وبين سنترالات المستوى الأعلى والأدنى. وعادة ما يقل عدد السنترالات فى كل مستوى عن العدد الموجود فى المستوى الأدنى منه. وأعلى المستويات قاطبة هو الذى يقع فى قمة التسلسل الهرمى، وهو يربط الدولة بباقى

الدول. أما أدنى المستويات، فهو المستوى الذى يتم ربطه بالسنترالات المحلية مباشرة. وفى بعض الأحيان يتم الاستعانة بسنترالات مترادفة (Tandem Exchange)، للربط بين السنترالات المحلية التى تتميز بكثافة حركية عالية، وذلك حتى تفسح طريقا بديلا للحركة، كما هو موضح بالشكل (٣-١).

وفى بداية الأمر، حينما كان عدد المشتركين قليلا وشبكة التليفونات أقل تعقيدا، كان يتم اللجوء إلى الأسلاك المكشوفة المثبتة فوق أعمدة (Open Wire) للربط بين المشتركين والسنترال المحلى. أما الآن، وباستثناء بعض المناطق النائية، فإنه قد تم إحلال الكابلات متعددة أزواج الأسلاك محل الأسلاك المكشوفة. ويحتوى الكابل الواحد على عدد قد يصل إلى أكثر من ٢٧٠٠ زوج من الأسلاك.

وعادة ما تتكون حلقة المشترك (Subscriber Loop) — وهى التى تربط المشترك بالسنترال المحلى - من زوج من الأسلاك يحمل المكالمات فى الاتجاهين. أما بالنسبة للوصلات بين السنترالات للمسافات البعيدة، فتتكون من زوجين من الأسلاك، زوج لكل اتجاه ؛ لأن كل زوج يحمل فى هذه الحالة عدة مكالمات. ويتم التحويل من خط المشترك ذى الزوج الواحد إلى خط الترنك ذى الزوجين بواسطة وصلة بينية (Interface) فى السنترال المحلى.

وفى الحالات التى يزداد فيها عدد الدوائر الصوتية فى خطوط الترنك، يتم استعمال الكابلات المحورية (Coaxial Cables) التى تتحمل نطاقا ترددیا أكبر بكثير من الكابلات ذات الأزواج السلكية. وقد تم استخدام الكابلات المحورية للمرة الأولى بالولايات المتحدة عام ١٩٤١، لنقل ٤٨٠ دائرة صوتية لمسافة تزيد على ٢٠٠ ميل. ولمقاومة الضعف الذى يحدث للإشارة، تم وضع مكبرات مكرِّرة (Repeater Amplifiers) تفصل فيما بينها مسافة مقدارها ٥,٥٠ ميل. وبالمقارنة، نجد أن الأسلاك المكشوفة سعتها القصوى ١٢ دائرة

صوتية، أما الكابلات ذات الأسلاك فتبلغ سعتها القصوى ٢٤ و ٩٦ دائرة صوتية للإرسال التناظرى والإرسال الرقمى على الترتيب. وهذا يبين التفوق الواضح للكابلات المحورية فى حالة ازدياد الدوائر الصوتية المطلوبة. وبمرور السنين، تمت زيادة سعة الكابلات المحورية باطراد، وذلك عن طريق زيادة قطر الكابل وتقليل المسافة بين المكبرات المكررة وتحسين أداء المكبرات.

ونظرا للأهمية الاقتصادية لاتصالات الراديو، فإنه يتم استخدام وصلات الميكروويف لنقل الدوائر الصوتية أيضا. وقد بدأ استخدام هذه الوصلات فى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ أساسا لنقل البرامج التليفزيونية، وحاليا يتم نقل أكثر من ٦٠٪ من الدوائر الصوتية هناك عن طريق هذه الوصلات. وفى وصلات الميكروويف يتم الاستقبال والإرسال بين المكرِّرات المتتابعة[1] على مدى البصر، وتتراوح المسافة بين أبراج هذه المكررات بين ٣٠ و ٥٠ كم تبعا للطبيعة الجغرافية للمنطقة المراد تغطيتها.

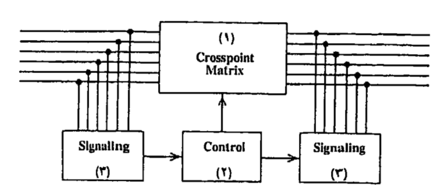
وفى العقود الأخيرة تم اللجوء للألياف الضوئية فى نقل الرسائل الصوتية، وذلك نظرا للاتساع الكبير فى نطاقها الترددى مقارنة بالوسائل الأخرى التى سبق ذكرها، وهو ما يشجع على استخدامها فى الاتصالات الرقمية. هذا فضلا عما تتميز به هذه الألياف من انعدام التداخل تقريبا، وقلة الفقد فى الإشارة، مما يساعد على أن تكون المسافة بين المكررات كبيرة، فيقل عددها وتنخفض بالتالى تكاليف صيانتها. وفى عام ١٩٨٦، انتهت شركة «ايه تى آند تى» (AT & T) فى الولايات المتحدة من إنشاء شبكة الإرسال بالألياف الضوئية عبر البلاد. ومن المتوقع فى السنوات القليلة القادمة، أن يتم استخدام

(١) المكرِّر فى وصلات الميكروويف هو عبارة عن جهازى استقبال وإرسال مزودين بهوائيين (أو أكثر) يتم تثبيتهما على برج مرتفع. يتلقى جهاز الاستقبال الإشارة الضعيفة من المكرر الذى يسبقه فى اتجاه محطة الإرسال الرئيسية، ثم يقوم المرسل (بعد تنقية الإشارة من الشوشرة) بتكبير الإشارة وإعادة إرسالها لتكمل مسيرتها إلى المكرر التالى.. وهكذا حتى يتم الوصول إلى المنطقة المراد تغطيتها.

الألياف الضـــوئية بدلا من الخطوط الأرضــية التى تعانى من كـثافة عــالية فى الحـركة. وسيسـتمر استخدام شبكات الراديو فى المناطق منخـفضـة الحـركة، أو التى تتسم بطبيعة جغرافية وعرة.

نظم التحويل:

لابد لأى نظام للتحويل من أن يقوم بثلاث وظائف رئيسية هى: استقبال وإرســال الإشارات المخـتلفة، والـتحكم، والتـحويل. وهـذه العناصر الثـلاثة يوضـحها الشكل رقم (٣-٢) وتتم عادة داخل السنترال.



شكل (٣-٢) : مكونات نظام التحويل [مرجع ٢]

(١) مصفوفة النقط المتقاطعة، (٢) التحكم، (٣) الإشارات

- ترسل الإشــارات عادة بين المشـتركين أو بين السـنتـرالات لنقل معلـومات التـحكم. ويمكن تقسـيم وظائف الإشــارات إلى نوعين: أولهـمـا يخـتص بالتحـكم والمتابعة، وثـانيهمـا يختص بحـمل المعلومات. ومن أمـثلة النوع الأول: إشــارة طلب الخـدمة التى ترسـل عند رفع السـمـاعـة (Off-hook)، ونغـمة الاسـتـعداد لطلب الخـدمـة (أى طلب الرقم المطلوب) (Dial Tone)، وإشـارة الجرس (Ringing Tone)، وإشارة نـهاية المكالمة (On-hook)، وإشـارة انشغال الخط (Busy Tone).

ومن أمثلة النوع الثانى (أى الإشارات التى تحمل معلومات): رقما المشترك - الطالب والمطلوب - وحساب مدة المكالمة وبالتالى قيمتها.

وبالإضافة إلى ما سبق، هناك الإشارات بين السنترالات للصيانة والاختبار، ومراقبة انشغال خطوط الترنك أو حدوث فشل فى المعدات. كما قد تحمل الإشارات معلومات عن المسارات أو التحكم فى الحركة.

وقبل أن نختتم الحديث عن موضوع الإشارات، يهمنا أن نوضح أن المشترك عندما يطلب رقما لمشترك آخر، فإن هذا الرقم قد يتم إرساله فى صورة نبضات أو ترددات معينة لكل رقم [Dual Tone Multifrequency (DTMF)]. وهذا النوع الأخير يوجد فى العدد التليفونية المزودة بالأزرار الضاغطة فقط.

- أما العنصر الثانى من عناصر نظم التحويل، فهو التحكم الذى يستقبل الإشارات الداخلة، وبناء على ذلك يتم عمل التوصيلات المناسبة فى مصفوفة التحويل مصحوبة بالإشارات الخارجة اللازمة. وفى أنظمة التليفونات القديمة، حينما كان عدد المشتركين محدودا، كان عامل التليفون هو الذى يقوم بعملية التحكم يدويا. وقد تطور التحكم بعد ذلك ليصبح أوتوماتيكيا. وفى البداية كان التحكم يتم كهروميكانيكيا، ومن أمثلة ذلك نظام الخطوة خطوة (Step-by-Step) ، حيث تقوم ما تعرف بـ «المرحِّلات» (Relays) باستقبال الإشارات الكهربية وعمل التوصيلات اللازمة. ويتسم هذا النظام بالبطء خاصة حينما يكون عدد المشتركين كبيرا. ومن أمثلة التحكم الكهروميكانيكى أيضا نظام القضبان المتقاطعة (Cross Bars)، وهو يتفوق على سابقه فى السرعة والسعة. أما أحدث طرق التحكم، فيعرف ببرنامج التحكم المخزون (Stored Program Control) الذى بدأ استخدامه فى الولايات المتحدة عام ١٩٦٥، حيث يقوم حاسب رقمى بعملية التحكم. وقد

أتاح ذلك كثيرا من الخدمات الإضافية التى لم تكن متوافرة من قبل. وعلى سبيل المثال لا الحصر: إعطاء رقم مختصر للمشترك، أو تحويل المكالمة إلى رقم ثان فى حالة عدم وجود الشخص المطلوب فى الرقم الأول، أو اشتراك عدة أطراف فى المكالمة ـ وهو ما يطلق عليه «نظام المؤتمرات».

- والعنصر الثالث من عناصر نظام التحويل هو مصفوفة التحويل، ويتم عن طريقها التوصيل بين الخطوط الداخلة والخارجة بناء على إشارات التحكم. وقد تطورت مصفوفة التحويل تطورا مماثلا وموازيا للتطور الذى شهده نظام التحكم. فبعد أن كان التوصيل يتم يدويا، أصبح كهروميكانيكيا أوتوماتيكيا ثم إلكترونيا. وفى التوصيل الإلكترونى، يتم التوصيل فى نقاط التقاطع لمصفوفة التحويل بواسطة دوائر منطق رقمية[٢] (Digital Logic Circuits).

اتصالات الفاكس

كلمة فاكس هى اختصار لكلمة فاكسيميلى (Facsimile) وتعنى نَسْخا طبق الأصل. وقد أصبح المصطلح يطلق على نقل الصور الثابتة من مكان إلى آخر خلال شبكة التليفونات السلكية. والصورة هنا قد تكون خطابا مكتوبا، أو خريطة طقس، أو نصا لغويا تصعب كتابته بالطرق التقليدية مثل اللغة الصينية. ومن أهم تطبيقات الفاكس أيضا التقارير والصور التى يرسلها المراسلون الصحفيون من موقع الأحداث فى لحظة وقوعها إلى المركز الرئيسى للصحيفة تمهيدا لنشرها بسرعة.

---

(٢) تقوم هذه الدوائر – تبعا لإشارات التحكم – بعمل التوصيلات اللازمة فى مصفوفة التحويل فى اتجاه الطرف المطلوب حتى يتم الربط بينه وبين الطالب. وهى تتكون من أشباه للموصلات بدلا من المرحِّلات أو القضبان المتقاطعة.

ويعتمد الإرسال بالفاكس على مسح ضوئى للصورة المراد إرسالها، التى تنزلق بدورها على أسطوانة متحركة مسلط عليها بقعة ضوئية خلال مجموعة من العدسات. وهكذا تكون شدة الضوء المنعكس من الصورة متناسبة مع أشكال الحروف أو المنحنيات أو الأرقام الموجودة بها. وعن طريق محول للطاقة، تتحول الإشارة الضوئية الخارجة إلى إشارة كهربية ـ شأنها فى ذلك شأن الإشارة التليفونية ـ وتنتقل عبر نفس الشبكة التليفونية سواء كانت سلكية بالكامل أو سلكية ولاسلكية، تبعا للمكان المراد إرسالها إليه.

وفى جهاز الاستقبال تتم خطوات مشابهة إلى حد كبير لما تم فى عملية الإرسال ولكن بطريقة معكوسة، حتى يمكن استخلاص الصورة المرسلة.

وعادة ما يكون جهاز الفاكس الواحد مشتملا على الخاصيتين معا، أى الإرسال والاستقبال، حيث يمكن بواسطته أن نرسل أو نستقبل. وفى الجيل الأول من أجهزة الفاكس كانت درجة الحدة ٣,٨٥ خط / مم، وكان إرسال ورقة واحدة من حجم الكوارتر (A4) يستغرق نحو ٦ دقائق. والمقصود بدرجة الحدة هو عدد الخطوط التى يمكن تمييزها (أى مسحها ضوئيا) فى كل ملليمتر من الصفحة المراد إرسالها. أما فى الجيل الثانى من أجهزة الفاكس، فقد قل زمن إرسال الورقة ليصبح حوالى ٣ دقائق. وفى الجيل الثالث أصبح الإرسال رقميا، وارتفعت درجة الحدة إلى ٧,٧ خط / مم عند معدل إرسال ٤,٨٠ كيلو بت / ثانية. كما نقص زمن إرسال الصفحة من حجم الكوارتر إلى أقل من دقيقة، بل وصل إلى نحو ١٠ ثوان فقط فى بعض الأجهزة الحديثة.

وفى الأجهزة الرقمية الحديثة يتم مسح الصفحة خطا خطا من أعلاها إلى أسفلها، باستخدام ضوء خاص خلال مجموعة من العدسات والمرايا. وتحس الخلية الضوئية (Photocell) ـــ محول الطاقة ـــ بالضوء المنعكس من الورقة عند أى نقطة. فإذا كانت الورقة بيضاء عند نقطة ما، فإن الجهد

الكهربى لخرج الخلية الضوئية يكون عاليا ويمثل بالرقم الثنائى واحد «1». وإذا كانت هناك علامة خطية عند نقطة أخرى، فإن الجهد الكهربى لخرج الخلية الضوئية يكون منخفضا ويمثل بالرقم الثنائى صفر «0» . والمحصلة هى سلسلة من الأرقام الثنائية «1» و «0» تقابل المساحات البيضاء والمكتوبة فى الخط الواحد. ويكون كل خط يتم مسحه مقسما إلى ٢٠٠ نقطة فى كل بوصة (حوالى ٨٠ نقطة لكل سنتيمتر، أو ٨ نقاط لكل ملليمتر). ومعنى هذا أن ورقة يبلغ عرضها ٨,٥ بوصة ينتج عنها ١٧٠٠ بت / خط. والبت تمثل أيا من الرقمين الثنائيين «1» أو «0».

وفى جهاز الفاكس المستقبل، يقوم شعاع ضوئى بمسح سطح أسطوانة بالتزامن مع الشعاع الماسح فى جهاز الإرسال. وشعاع الضوء يضىء أو ينطفىء عند استقبال «1» أو «0». بينما تدور الأسطوانة ببطء كلما بدأ خط جديد. وفى نهاية المسح تكون الأسطوانة قد حملت شحنات كهربية على سطحها تمثل معلومات الصورة كاملة. وبعد ذلك يتم استخدام هذه الشحنات الكهربية لنقل الحبر إلى الورقة. ويمكن للمستخدم اختيار درجة الحدة المطلوبة للخطوط فى الاتجاه الرأسى.

وجدير بالذكر أن القيم القياسية فى الصناعة تبلغ حوالى ١٠٠، ٢٠٠، ٤٠٠ خط لكل بوصة. فإذا كان طول الورقة مثلا ١١ بوصة، فإن عدد الخطوط التى يتم مسحها لأقل درجة حدة (أى ١٠٠ خط / بوصة) يبلغ ١١٠٠ خط، ويكون عدد البتات المرسلة لكل صفحة هو ١١٠٠ × ١٧٠٠=١,٨٧ ميجا بت (M bits). وإذا أرسل هذا العدد بمعدل ٢٤٠٠ بود[٣] ـ وهو المعدل القياسى للخط التليفونى ـ فإن إرسال صفحة واحدة يستغرق نحو ١٣ دقيقة[٤]، وهى مدة طويلة جدا. ولكن باستخدام أساليب ضغط البيانات (Data Compression)،

---

(٣) البود هو وحدة قياس سرعة نقل الإشارات، ويساوى البت/ثانية فى حالة الإشارات الثنائية.

(٤) الزمن اللازم للإرسال = $\frac{١,٨٧ \times ١٠^{٦}}{٢٤٠٠ \times ٦٠}$ = ١٢,٩٨٦ دقيقة.

أمكن تقليل زمن الإرســال بدرجة كبــيرة. ومن هذه الأســاليــب، أن يتم تخزين البتات لكل خط فى ذاكرة المعــالج الدقيق لجهاز الفاكس (Fax Microprocessor) الذى يقــوم بفحص هذه الســلسلة من البتــات الثنائيــة المكونة من «1» و«0». وبدلا من إرسال كـل هذه السلسلة، فإنه يتم إرســال عدد البتــات المكون من الرقم «1»، والعدد الآخر المكون من الرقم «0» لكل خط. فيكون العدد المرسل من البتــات أقل بكثيـر من ١,٨٧ ميجــا بت، فيــقل تبعــا لذلك زمن الإرسال. وتجدر الإشـارة إلى أن جهاز الفاكس المستقبل يكــون مبرمجا ليقوم بالعملية العكسية لضـغط البيانات، وبالتالى يعيد سلسلة البيانات إلى شكلها الأصلى.

الفصل الرابع

الاتصالات اللاسلكية

على الرغم من أن الاتصالات اللاسلكية تتأثر بالتغيرات الجوية، فإنها أصبحت تشكل عنصرا أساسيا من عناصر شبكة الاتصالات. ويرجع ذلك إلى أنها أقل تكلفة وأسهل صيانة من الاتصالات السلكية. كما أنها الوسيلة الوحيدة للاتصالات فى الأماكن الوعرة التى يصعب أن تمد فيها الأسلاك أو الكابلات. ولنا أن نتصور كيف كان يمكن للاتصالات بجميع أنواعها أن تتم عبر القارات ـ فى ظل المسافات الشاسعة وكثرة العوائق ـ دون أن تكون لاسلكية.

وقد كانت بداية البث الإذاعى والتليفزيونى فى النصف الأول من القرن العشرين أهم تطبيقات الاتصالات اللاسلكية. وبعد أن كان البث متواضعا فى مداه ويقتصر على حدود الدولة، قفز قفزة كبيرة عبر الأقمار الصناعية ليصل مداه إلى دول أخرى كثيرة، بل يمكنه الآن أن يشمل سطح الكرة الأرضية برمتها ـ وهو ما يطلق عليه البث عبر القنوات الفضائية.

وفى العصر الحديث، اتسعت دائرة الاتصالات اللاسلكية لتشمل اتصالات المحمول التى مكنت الإنسان من أن يحمل فى جيبه محطة متنقلة للاتصالات ترافقه فى حله وترحاله. ولم تعد اتصالات المحمول مقصورة على المكالمات التليفونية، بل امتدت إلى تبادل الرسائل المكتوبة والصور.

وفى هذا الفصل سينصب اهتمامنا على البث الإذاعى والتليفزيونى. وستكون الاتصالات عبر الأقمار الصناعية هى محور الفصل الخامس. أما اتصالات المحمول فسنفرد لها الفصل السادس.

البث الإذاعى

بدأ البث الإذاعى فى مستهل العقد الثالث من القرن العشرين. وكما أسلفنا القول، فإنه يعد من أهم تطبيقات الاتصالات اللاسلكية التى كان ـ ولايزال ـ لها أثر كبير فى حياتنا. وتتميز البرامج الإذاعية التى يسمعها الإنسان من مذياع صغير يتنقل به بسهولة داخل منزله أو خارجه، أو يضعه فى سيارته، بأنها لا تعيقه فى كثير من الأحيان عن أداء عمله. ومن أمثلة ذلك ما نراه من حب الحرفيين والمشتغلين بالأعمال اليدوية لمتابعة البرامج الإذاعية أثناء عملهم. وكذلك حرص قائدى السيارات، خاصة فى المسافات الطويلة، على الاستماع إلى الإذاعة مما يهون عليهم مشقة القيادة لمدة طويلة دون أن يلهيهم عن متابعة الطريق. وبالمقارنة بالبرامج التليفزيونية، نجد أن الأخيرة تحتاج متابعتها إلى تركيز فى السمع والبصر، كما أنها تستأثر باهتمام المشاهد فلا يستطيع أن يمارس عملا آخر. هذا فضلا عن أن الجلوس أمام التليفزيون لمدة طويلة فيه إجهاد للبصر وتشجيع على الخمول والكسل.

وإذا انتقلنا إلى أنواع الموجات التى تبثها الإذاعات المختلفة ويستقبلها المذياع ـ أو «الراديو» بلغتنا الدارجة ـ نجدها ثلاثة. أولاها هى (Amplitude Modulated) «AM»، وهى التى يتم فيها تشكيل سعة الموجة الحاملة(Carrier) بالإشارة التى تحمل المعلومة سواء كانت صوتا أو موسيقى. وهذا النوع من البث الإذاعى هو أكثر الأنواع استخداما وشيوعا. أما النوع الثانى من البث الإذاعى، فهو إرسال موجة «FM» (Frequency Modulated) وفيه يتم تشكيل تردد الموجة الحاملة طبقا للإشارة التى تحمل المعلومة. والنوع الثالث والأخير

هو استخدام الموجات القصيرة «SW» (Short Waves) فى البث الإذاعى، وهو أقل الأنواع استخداما.

وفى الفقرات التالية سنتحدث عن كل نوع بتفصيل أكثر.

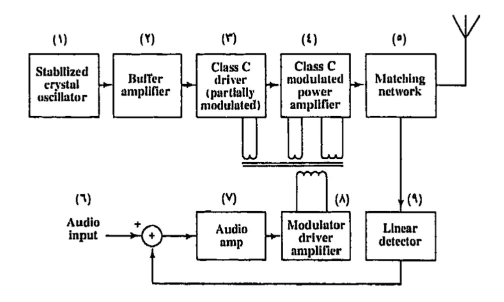
البث الإذاعى بنظام AM :

يستخدم هذا النظام الموجة المتوسطة فى المدى من ٥٥٠–١٦٠٠ كيلوهيرتز، أى يتراوح طول الموجة فى هذه الحالة بين ١٨٧,٥٠ ــ ٥٤٥,٥٠ متر. ويبلغ اتساع النطاق الترددى للإشارة[١] المسموعة الأساسية(Audio Baseband Signal) ــ أى قبل تحميلها على الموجة الحاملة ـ ٥ كيلوهيرتز. وعادة ما يستخدم التشكيل أو التضمين ثنائى الجانب[Double Sideband (DSB)]، فيصبح اتساع النطاق الترددى للإشارة عند إرسالها ١٠ كيلوهيرتز يتوسطها تردد الموجة الحاملة. فإذا افترضنا مثلا أن تردد الموجة الحاملة يبلغ ٩٠٠ كيلوهيرتز، فإن مدى النطاق الترددى للإشارة المرسلة بعد التشكيل يتراوح بين ٨٩٥–٩٠٥ كيلوهيرتز. ولذلك، فإن الفرق بين تردد الموجتين الحاملتين لمحطتى إذاعة مختلفتين يجب ألا يقل عن ١٠ كيلوهيرتز حتى لا يحدث تداخل عند استقبال البث الإذاعى لمحطات مختلفة. وتتراوح قوة محطة الإرسال بين بضع مئات من الوات (Watt) للمحطات المحلية الصغيرة، وأكثر من ١٠٠ كيلووات للمحطات التى تبث إرسالها عبر دول مختلفة.

ويمثل الشكل (٤–١) رسما مبسطا لجهاز الإرسال الإذاعى. وهو يتكون من مذبذب كريستالى مستقر (Stabilized Crystal Oscillator) لتوليد الموجة

---

(١) أى الفرق بين أكبر تردد وأصغر تردد تحتويه الإشارة. وفى الرسالة الصوتية يكون التردد الأصغر قريبا من الصفر، بينما لا يتجاوز التردد الأكبر ٥ كيلوهيرتز، وبذلك يكون عرض النطاق الترددى للإشارة ٥ كيلوهيرتز.



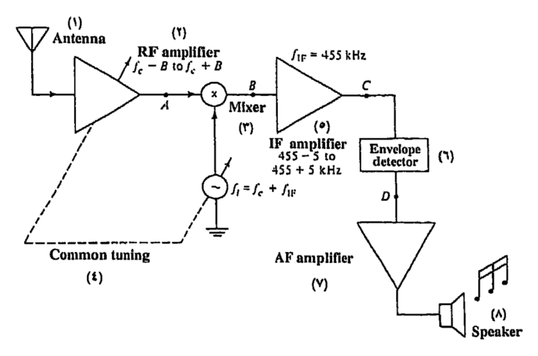
شكل (٤ ـ ١) : جهاز إرسال إذاعى بنظام AM [مرجع ٢٤]

(١) مذبذب كريستالى مستقر، (٢) مكبر عازل، (٣) مُشَغِّلٌ للمكبر من طراز C (معدل جزئيا)، (٤) مكبر للقدرة من طراز C للإشارة المعدلة، (٥) دائرة مواءمة، (٦) الدخل المسموع (الصوتى)، (٧) مكبر صوتى، (٨) مكبر مُشَغِّلٌ للمعدل، (٩) كاشف خطى.

الحاملة، يليه سلسلة من المكبرات للحصول على قدرة عالية عند الإرسال. وهناك أيضا الإشارة المسموعة المراد إرسالها التى يتم إدخالها على مكبر أيضا، ثم يتم تضمينها أو تشكيلها للموجة الحاملة. ولزيادة كفاءة تشغيل جهاز الإرسال، تتم مقارنة الإشارة المسموعة بعينات مرتدة منها بعد استعادتها، أو كشفها خلال ما يعرف بالكاشف الخطى (Linear Detector). وعادة ما يكون هوائى جهاز الإرسال مرتفعا وبعيدا عن مقر الإذاعة، حيث تخرج الإشارات من استديوهات الإذاعة منخفضة القدرة نسبيا ويتم إرسالها عبر وصلة لاسلكية إلى جهاز الإرسال الرئيسى. وفى مصر، على سبيل المثال، يتم الإرسال من مقر مبنى الإذاعة والتليفزيون بكورنيش النيل إلى محطة الإرسال الرئيسية المقامة فوق جبل المقطم، ومنها يتم البث عبر شبكة لاسلكية تشمل جميع أنحاء البلاد.

أما أجهـزة الاستقبال فـأغلبها يعمل بنظام اقـتران الترددات -Superhetero) (dync حيث يتم تخـفيض تردد الموجة الحامـلة (المتغيرة من مـحطة إلى أخرى) إلى تردد متـوسط ثابت يبلغ ٤٥٥ كيلـوهيرتز [Intermediate Frequency (IF)] خلال دائرة تعـرف بدائرة الخلط (Mixer) ـ كـما هو مـبين بالشكل (٤ ـــ ٢). وحتى مـرحلة التردد المـتوسط تكون الموجـة الحاملة مـتضمنة لـلإشارة المراد سمـاعهـا. وبعد تكبـير الإشـارة المركبـة عند هذه المرحلة، يتم كـشف الإشارة المسموعة ـ أى فـصلها عن الموجة الحاملة ـ وتسمى هذه العملـية فك التضمين (Demodulation). وبعد ذلك يتم تكبير الإشارة المسموعة، وخلال المجهار -Loud) (speaker ـ مكبر أو مضـخم الصوت ـ يتم سماع الرسـالة الإذاعية.

وقـد تطور شكل جـهـاز «الراديو» تـطورا كـبيـرا مـع تطور تكنولوجـيـا الإلكتـرونيات. ففـى البداية، كـان الصمام المـفرغ (Vacuum Tube) هو العنصر



شكل (٤ ـ ٢) : المكونات الأساسية للمستقبل سوبرهيتيروداين [مرجع ٢٦]

(١) هوائى، (٢) مكبر لتـرددات الراديو، (٣) خالط ، (٤) موالفـة عامة (مشـتركة)، (٥) مكبر للتـرددات المتوسطة، (٦) كاشـف للغلاف، (٧) مكبر صـوتى، (٨) المتحدث (السماعة أو المجهار)

الأساسى فى صناعة جهاز «الراديو»، الذى كان حجمه كبيرا ووزنه ثقيلا وكأنه قطعة من أثاث المنزل. وكان لابد من توصيل الجهاز بالتيار الكهربى الأساسى للمنزل ـ أى بمصدر كهربى فرق جهده ٢٢٠ فولت ـ مما كان يجعل من نقله عملية شاقة حتى فى داخل الحجرة الواحدة. هذا بالإضافة إلى كثرة تعرض الجهاز للأعطال واحتراق صماماته مما جعل صيانته مكلفة وشاقة.

وأحدث اختراع الترانزستور فى الأربعينيات من القرن العشرين ثورة فى تصميم «الراديو»، حيث تم استبدال الصمام بالترانزستور فصغر حجم الجهاز وخف وزنه. كما أمكن استخدام البطاريات الجافة الصغيرة كمصدر للطاقة الكهربية اللازمة لتشغيله، فأصبح من السهل حمله والتنقل به من مكان إلى آخر. وتلت ذلك مرحلة استخدام رقائق الدوائر المتكاملة عالية الكثافة (VLSI) ، التى مكنت من تصميم دوائر معقدة ومتطورة داخل حيز صغير لا يتجاوز عدة ملليمترات طولا وعرضا وارتفاعا.

البث الإذاعى بنظام FM :

يقع البث الإذاعى بهذا النظام فى النطاق الترددى من ٨٨–١٠٨ ميجاهيرتز. ويفصل ما بين تردد الموجة الحاملة لمحطتين متجاورتين ٢٠٠ كيلوهيرتز، وذلك حتى لا يحدث تداخل بينهما. وأقصى حيود لتردد الموجة الحاملة نتيجة لتشكيله بالإشارة، لا يتجاوز ± ٧٥ كيلوهيرتز[٢]. ونظرا لأن ترددات الموجات الحاملة فى هذا النظام تقع فى نطاق الترددات العالية (أو المرتفعة) جدا (VHF) فإن انتشار الموجات يتم على مدى البصر، أى يجب ألا تكون هناك عوائق من جبال أو هضاب وغيرها بين جهازى الإرسال والاستقبال. وتصل تغطية محطة الإرسال إلى دائرة لا يتجاوز نصف

(٢) أى أننا إذا افترضنا أن تردد الموجة الحاملة قبل التشكيل أو التضمين هو ١٠٠ ميجاهيرتز، فإن هذا التردد بعد تضمينه بالإشارة يتارجح بين ١٠٠ ميجاهيرتز – ٧٥ كيلوهيرتز، و ١٠٠ ميجاهيرتز + ٧٥ كيلوهيرتز.

قطرها ٨٠ كيلومترا. وأغلب برامج البث الإذاعى بنظام «FM» (تشكيل التردد) تكون موسيقية، نظرا لنقاء الصوت ووضوحه مقارنة بنظام «AM». ويبلغ اتساع النطاق الترددى للإشارة الأساسية المراد نقلها ١٥ كيلوهيرتز، مقارنة بخمسة كيلوهيرتز فى حالة نظام «AM».

وجدير بالذكر أن عناصر جهازى الإرسال والاستقبال فى نظام «FM» تتشابه إلى حد كبير مع مثيلاتها فى نظام «AM»، باستثناء طرق التضمين (فى حالة الإرسال) وفك التضمين (فى حالة الاستقبال). بالإضافة إلى أن نظام «FM» يعمل فى نطاق ترددى أعلى بكثير من مثيله فى نظام «AM» . وهذا يجعل نظام «FM» أكثر تعقيدا فى تصميمه ودوائره مقارنة بنظام «AM». وفى أجهزة الاستقبال يكون التردد المتوسط ١٠,٧٠ ميجاهيرتز، واتساع النطاق الترددى فى هذه المرحلة ٢٢٥ كيلوهيرتز حتى يمرر الإشارة المرغوبة.

ولا يفوتنا هنا أن ننوه إلى أن هناك أنواعا من أجهزة الاستقبال بنظام «FM» معدة لاستقبال إشارات الاستريو (Stereo). وفى هذا النظام من البث يتم إرسال إشارتين فى وقت واحد، ويرمز للإشارة الأولى بالإشارة اليمنى «R» (Right)، والإشارة الثانية باليسرى «L» (Left) . ويمكن أن تمثل كل إشارة من هاتين الإشارتين النغمة الصادرة من مجموعة من الآلات الموسيقية المتناغمة مثلا. وعند الإرسال يتم تكوين إشارتين : الأولى L + R وتقع فى النطاق الترددى من صفر – ١٥ كيلوهيرتز، والثانية L – R وتقع فى النطاق الترددى من ٢٣ – ٥٣ كيلوهيرتز، وذلك بعد تضمينها بطريقة تشكيل السعة بتردد فرعى قيمته ٣٨ كيلوهيرتز. وعلى كل جانب من التردد الفرعى تقع الإشارة L – R باتساع نطاق قيمته ١٥ كيلوهيرتز[٣]. بعد ذلك يتم جمع الإشارتين فى الزمن (مع ملاحظة

---

(٣) الإشارة L – R نطاقها الترددى يقع بين صفر ـ ١٥ كيلوهيرتز، مثل الإشارة L + R. ولكى نفصل الإشارتين عن بعضهما البعض، فإننا نترك L + R كما هى، بينما نقوم بتحميل L – R على موجة حاملة ترددها ٣٨ كيلوهيرتز. وبعد التحميل تقع الإشارة L – R مكررة على جانبى الموجة الحاملة: الأولى تبدأ من ٣٨ - ١٥ = ٢٣ إلى ٣٨ كيلوهيرتز، والثانية من ٣٨ إلى ٣٨ + ١٥ = ٥٣. وبذلك يقع النطاق الترددى لهذه الإشارة بعد التشكيل بين ٢٣ - ٥٣ كيلوهيرتز.

أنهمـا منفصلتان فى التـردد) ثم يتم تضمين الإشـارة المركبة بالموجـة الحاملة اللازمة للإرسال بنظام «FM». وفى جهاز «الراديو» المستقبل تتم عملية عكسية، حتى نحـصل على الإشارتين الأساسـيتين L و R، كل على حدة، ونسـمعهـما خـلال سمـاعتين (أو مـجـهارين) منفـصلتين. وإذا كـان «الراديو» غيـر معـد لاستـقبال الاسـتريو (أى أن له سمـاعة واحدة) فـإن صاحبـه سيسـتمع إلى مجموع الإشارتين، أى L + R.

البث الإذاعى بنظام الموجات القصيرة (SW) :

فى كثيـر من الأحيان تحتـاج الدول إلى بث برامج موجهـة لخارج حدودها، إلى أبنائها المغتربين أو إلى مواطنى الدول الأخرى. ويقع نطاق التردد بالنسبة لهذا النوع من البث داخـل نطاق التـردد العـالى [High Frequency (HF)] . وبالنسـبـة للإرسـال الإذاعى بهذا النـظام، فأغلب المحطات تـذيع داخل النطاق من ٤,٥٠ إلى ٣٠ ميجاهيرتز، أى يتـراوح طول الموجة فى هذه الحالة بين ١٠–٦٦,٧ متر. ويتم التضمين بطريقة تشكيل السعة (AM). وعادة ما يتم تقسيم هذا النطاق فى جهاز الاستقبال إلى عدة شرائح، كلمـا زاد عددها كان ذلك أفضل حيث يتيح هذا ضبط مؤشر الراديو على تردد محطة معينة على نحو أكثر دقة.

وكما ذكرنا فى الفـصل الثانى، فإن موجات التردد العـالى يتم انتشارها عبر السماء حيث تنعكس الإشارة من طبـقة الأيونوسفير فى الغلاف الجوى. لذلك تتعرض الإشـارة خلال رحلتها إلى مسارات متـعددة قبل أن تصل إلى جهاز الاستقـبال، فتعانى بذلك مما يعرف بظاهرة الخفوت. ويعتمـد استقبال هذا النوع من البث إلى حد كبير عـلى الظروف الجوية، من ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة وهـطول الأمطار وغيرها. ولذلك فلابد أن تكون قـوة محطة الإرسال كبيرة حتى يمكنهـا تعويض الفقد الناتج عن هذه الظروف، خاصة أنه

لا تتوافر فى مثل هذه الحالة شبكة لمحطات التقوية كما هو الحال فى النظامين السابقين.

البث التليفزيونى

سنستعرض فى هذا الجزء المبادئ الأساسية لنظم البث التليفزيونى للأجهزة المستخدمة فى المنازل. ورغم وجود الكثير من الدوائر التليفزيونية المغلقة الخاصة إلا أنها جميعا تعتمد على نفس المبادئ العامة للإرسال التليفزيونى.

والواقع أنه خلال أكثر من سبعين عاما شهد الإرسال التليفزيونى تطورا هائلا، من نظم المسح الميكانيكى للصورة إلى أكثر الطرق تقدما، مما جعل نقل الأفلام السينمائية الملونة والمعلومات أمرا ميسورا. كما شمل التطور، ولايزال، درجة نقاء استقبال الصوت والصورة حتى وصلت حاليا إلى مستويات متقدمة للغاية.

وتعتمد المبادئ الأساسية التى تحكم إرسال المعلومات المرئية بالإشارات الكهربية، على خاصية «ثبات النظر» (Persistence of vision). وهذه الخاصية تعنى أن عقل الإنسان، تحت شروط معينة، لا يستطيع أن يميز بين صورة متحركة ساقطة على شبكية العين وبين سلسلة من الصور الساكنة التى تسقط بتتابع سريع. وقد تم تصميم التليفزيون بناء على هذه الخاصية للربط بين العين والعقل.

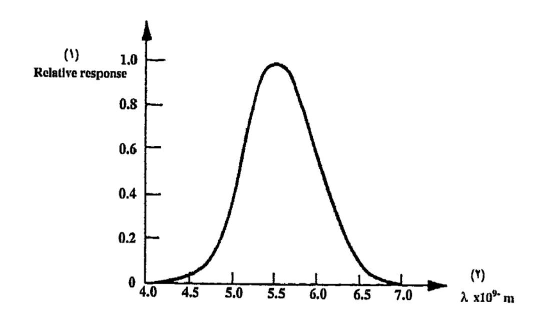
قياس الضوء واستجابة العين:

الضوء هو شكل من أشكال الموجات الكهرومغناطيسية وتقاس قوته الإشعاعية بالوات. والطاقة الضوئية يمكن أن ترى فى نطاق محدود جدا حينما يقع طول الموجة فى المدى من ٤×١٠^{-٩} إلى ٧×١٠^{-٩} متر. وتختلف

شدة الإضاءة باختلاف طول الموجة للضوء الساقط. ورغم أن استجابة العين تتباين من شخص لآخر، فإنه يعتبر تباينا صغيرا يسمح بتعريف «المشاهد المعيارى أو القياسى» (Standard Observer). ويوضح الشكل (٤-٣) الاستجابة النسبية للمشاهد المعيارى، وهو الذى تكون استجابته للضوء كما هو موضح بالشكل، وتصل قمة الاستجابة عند موجة طولها ٥,٥×١٠-٩ متر تقريبا.

البث التليفزيونى الأبيض والأسود :

ترسل الصور التليفزيونية عادة فى إطارات متتابعة. ويتكون الإطار الواحد من ٦٢٥ خطا فى معظم البلدان الأوروبية والعالم، بينما يتكون فى



شكل (٤-٣) : الاستجابة النسبية للضوء للمشاهد القياسى [مرجع ٥]

(١) الاستجابة النسبية، (٢) طول الموجة × ١٠-٩ متر

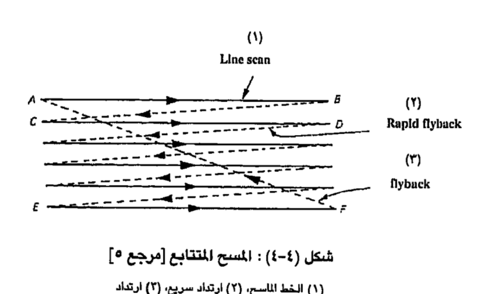
الولايات المتحدة من ٥٢٥ خطا. وفى النظام الأوروبى يتم إرسال ٢٥ إطارا فى الثانية، أما فى النظام الأمريكى فيصل إلى ٣٠ إطارا فى الثانية. وسينصب الشرح هنا على الإطار الأوروبى (٦٢٥ خطا) عند إرسال الإشارة المرئية ثلاثية الأبعاد (أى التى تتغير فى الاتجاهين الأفقى والرأسى مع الزمن) خلال قناة أحادية البعد يتغير فيها مقدار الإشارة مع الزمن.

وحينما توجه الكاميرا التليفزيونية إلى الصورة المراد نقلها، فإن هذه الصورة تسقط خلال عدسات الكاميرا على سطح ضوئى حساس. ويمكن اعتبار هذا السطح مكونا من عدد كبير من محولات الطاقة الكهروضوئية، وأن كل محول من هذه المحولات الصغيرة ينتج تيارا كهربيا يتناسب مع شدة ضوء ذلك الجزء من الصورة الساقط عليه. ومن ذلك يمكننا أن نفترض أن الصورة الأصلية قد تم تقسيمها إلى صور صغيرة تسمى كل منها «عنصرا» (Pixel). والخرج الكهربى لكل عنصر من عناصر الصورة يكون أحادى البعد لأنه يتغير مع الزمن فقط. وبذلك يتم إرسال الخرج الناتج من جميع العناصر والذى يمثل الإشارة ثلاثية الأبعاد كمتتابعة سريعة لخرج إشارة أحادية البعد.

وفى جهاز الاستقبال (التليفزيون) يمكن استعادة الصورة الأصلية إذا تم عرض كل عنصر من عناصرها فى مكانه الصحيح. ويكون لشاشة التليفزيون نفس عدد عناصر السطح الضوئى الحساس الموجود فى الكاميرا. ويتم استقبال الصورة بربط كل عنصر من عناصر الصورة فى الكاميرا بمثيله فى شاشة التليفزيون (أنبوبة شعاع المهبط CRT). ويتم ذلك بمسح السطح الضوئى الحساس للكاميرا بواسطة شعاع إلكترونى متزامن مع شعاع آخر يقوم بمسح شاشة التليفزيون. وتتشكل شدة شعاع التليفزيون طبقا للإشارة التى يتم استقبالها، والتى تكون متناسبة مع شدة شعاع الكاميرا. والمسح المتتابع سواء للكاميرا أو لشاشة التليفزيون موضح فى

شكل (٤ – ٤)، حيث ينحرف الشعاع فى الاتجاهين الرأسى والأفقى. ويبدأ المسح من النقطة A إلى النقطة B. وخلال ارتداد الشعاع الذى يتم بسرعة فائقة لا يحدث إرسال لأى معلومات. ثم يبدأ المسح للخط الثانى من النقطة C إلى D. وهكذا تتكرر هذه العملية حتى يتم الوصول إلى النقطة F، وبعدها يتم الارتداد إلى النقطة A. وبذلك يكون قد تم المسح لإطار واحد، ثم تتكرر العملية بعد ذلك مع باقى الأطر تباعا.

وكما هو مبين بالشكل (٤ – ٤) فإن مسح كل صورة يستغرق وقتا محدودا، وإذا طال هذا الوقت عن فترة ثبات النظر، فإن العين سوف تعانى من وميض متقطع أو خطف للبصر (Flicker). وإذا كان زمن المسح قصيرا جدا، فإن ذلك يتطلب مسح عدد كبير من عناصر الصورة مما يزيد من النطاق الترددى للإشارة زيادة كبيرة. وبالنسبة للأنظمة التليفزيونية، فقد وجد أن أنسب معدل لمسح الصورة لا يسبب خطفا للبصر هو ٥٠ مرة/ثانية. (والمرة يطلق عليها إطارا كما ذكرنا من قبل). ويمكن اختصار هذا المعدل إلى ٢٥ مرة/ثانية إذا استخدم المسح المتشابك -Interlaced Scan)



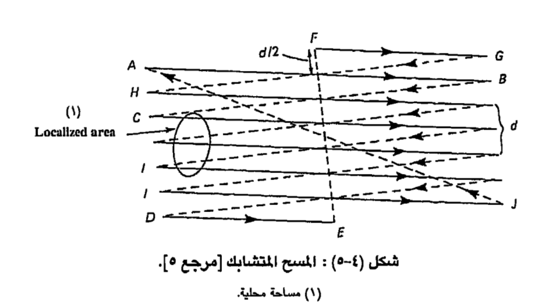
شكل (٤-٤) : المسح المتتابع [مرجع ٥]

(١) الخط الماسح، (٢) ارتداد سريع، (٣) ارتداد

ning)، كمـا هو مـوضـح بالشكل (٤-٥). وفى هذه الحـالة يـتم المسح فى مجالين: المجـال الفردى والمجال الزوجى. حيث يبدأ المجـال الفردى من النقطة A إلى B ثم الارتداد السريع إلى C.. وهكذا حتى آخر خط ماسح من D إلىE ثم يتم الارتداد سريعـا إلى النقطة F. ومن هذه النقطة الأخـيرة يبـدأ المجال الزوجى بأول خط ماسح إلى G ثم الارتداد سريـعا إلى H.. وهكذا حتى يتم مسح آخر خط من I إلى J، ثم الارتداد السريع إلى النقطة A حيث يبدأ المسح فى المجال الفردى للإطار التالى.

ورغم أن المسح المتـشابك يتم بإرســال ٢٥ إطارا / ثانية فقـط للصورة الواحـدة، فـإن خطف البصـر يتـلاشى، نظرا لأن أى جـزء من الصـورة يتم مســحه بواسطة المجـالين الفردى والزوجى مـعا. وهذا يعنـى أن أى جزء من الصورة يتم مسحه ٥٠ مرة / ثانية.

وكما ذكرنا سابقـا، لابد من وجود تزامن بين مسح الكاميرا فى المرسل، ومسح أنبـوبة أشعة المهبط فى جـهاز الاستقـبال (جهاز التليـفزيون). ولكى يتحقق ذلك، فإنه يتم إرسال نبضــة تزامن فى نهاية كل خط، وإرسال نبضة

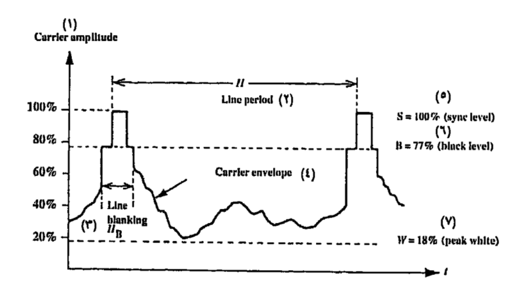


شكل (٤-٥) : المسح المتشابك [مرجع ٥].

(١) مساحة محلية.

تزامن أخرى فى نهاية كل مجال. وتؤدى نبضات التزامن هذه إلى حفز دوائر الارتداد السريع للعمل فى جهاز الاستقبال التليفزيونى.

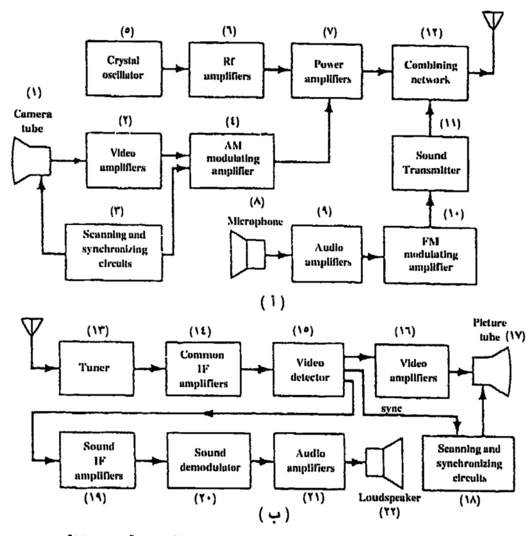
ولإشارة الفيديو المرسلة (بعد التضمين) مركبتان مميزتان: أولاهما إشارة الصورة التى تمثل تغيرات شدة الإضاءة فى كل خط، وثانيتهما نبضات التزامن التى ترسل تحت مستوى اللون الأسود. والموجة المركبة يبينها الشكل (٤-٦) . وعادة يتم تضمين الإشارة المرئية أى إشارة الصورة بطريقة تضمين السعة (AM)، بينما يتم تضمين إشارة الصوت بطريقة(FM).



شكل (٤-٦) : غلاف الموجة الحاملة المرسلة [مرجع ٥]

(١) سعة الموجة الحاملة، (٢) فترة مسح الخط، (٣) الفترة التى لا يحدث فيها مسح للخط، (٤) غلاف الموجة الحاملة، (٥) مستوى نبضة التزامن، (٦) مستوى اللون الاسود، (٧) قمة اللون الأبيض

ويبين الشكل (٤-٧) مكونات جهازى المرسل والمستقبل للتليفزيون الأبيض والأسود.



شكل (٤-٧) : نظام أولى للتليفزيون الأبيض والأسود [مرجع ١١]

(أ) المرسل (ب) المستقبل

(١) أنبوبة الكاميـرا، (٢) مكبرات فيديو، (٣) دوائر مسح وتزامن، (٤) مكبـر مُشكل بطريقة AM، (٥) مذبذب كريستالى، (٦) مكبرات لترددات الراديو، (٧) مكبر للقدرة، (٨) ميكروفون، (٩) مكبر للصوت، (١٠) مكبر مُشكل (مضمن) بطريقة FM، (١١) مرسل للصــوت، (١٢) دائرة خلط، (١٣) موالف، (١٤) مكبرات عامـة للتردد المتوسط، (١٥) كاشف للـفيديو، (١٦) مكبرات للفيديو، (١٧) أنبوبة الصورة (الشاشة)، (١٨) دوائر مسح وتزامن، (١٩) مكبرات صوت للتردد المتوسط، (٢٠) كاشف للصوت، (٢١) مكبرات للصوت، (٢٢) المجهار (السماعة)

وكما أسلفنا، فـإن هناك نظامين أساسيين للتليـفزيون الأبيض والأسود: أحدهمـا النظام الأمريكى، وهو يطبق فى قارة أمـريكا الشماليـة ومعظم دول أمريكا الجنوبـية والفلبين واليابان ؛ والثـانى النظام الأوروبى الذى يستـخدم فى أغلب الدول الأوروبية (باستثناء فرنسا) وباقى دول العالم.

والجـدول التالى يبين بعـض المواصفـات التى تميز كـل نظام منهمـا عن الآخر :

المقياس	النظام الأمريكى	النظام الأوروبى
عدد الخطوط فى الإطار	٥٢٥	٦٢٥
عدد الإطارات المرسلة فى الثانية	٣٠	٢٥
تردد المجال بالهيرتز (Hz)	٦٠	٥٠
تردد الخطوط بالهيرتز (Hz)	١٥٧٥٠	١٥٦٢٥
النطاق الترددى للقناة بالميجاهيرتز (MHz)	٦	٧
النطاق الترددى لإشارة الفيديو (MHz)	٤,٢	٥
نظام تضمين الصوت	FM	FM

البث التليفزيونى الملون :

على الرغم من أن مبادىء الإرسال التليفزيونى الملون واحدة، فإنه توجد ثلاثة نظم هى :

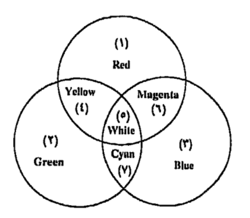
١ – النظام الأوروبى «بال» [Phase Alternation by Line (PAL)].

٢ – النظام الفرنسى «سيكام» [Sequential Technique and Memory Storage (SECAM)].

٣ – النظام الأمريكى [National Television Standards Committee (NTSC)].

وتجدر الإشارة إلى أن المناطق التى تطبق فيها هذه النظم، هى نفس المناطق التى ذكرناها بالنسبة للتليفزيون الأبيض والأسود.

وقد روعى عند البدء فى تصميم نظام التليفزيون الملون أن يكون متوافقا مع التليفزيون الأبيض والأسود. بمعنى أن البرامج الملونة يمكن أن يستقبلها التليفزيون الأبيض والأسود بهذين اللونين فقط. كما أن البرامج غير الملونة يستقبلها التليفزيون الملون بلونيها الأبيض والأسود بلا تعديل. ويعتمد الإرسال الملون على ثلاثة ألوان أولية هى الأحمر والأخضر والأزرق. ويمكن عن طريق خلط هذه الألوان كلها أو بعضها بنسب معينة، الحصول على جميع الألوان الأخرى. ويبين الشكل (٤–٨) بعض الألوان التى يمكن



شكل (٤–٨) : خلط الألوان بالإضافة [مرجع ٢٦]

(١) احمر، (٢) اخضر، (٣) ازرق، (٤) اصفر، (٥) ابيض، (٦) ارجوانى (احمر داكن)، (٧) أزرق داكن

الحصول عليها إذا أضيفت الألوان الأولية إلى بعضها بالتساوى. وإذا تغيرت نسب الخلط أو الإضافة حصلنا على ألوان أخرى. ومن هذا الشكل يتضح أن:

الأحمر + الأخضر = الأصفر

الأحمر + الأزرق = الأرجوانى (الأحمر الداكن)

الأزرق + الأخضر = الأزرق الداكن

الأحمر + الأزرق + الأخضر = الأبيض

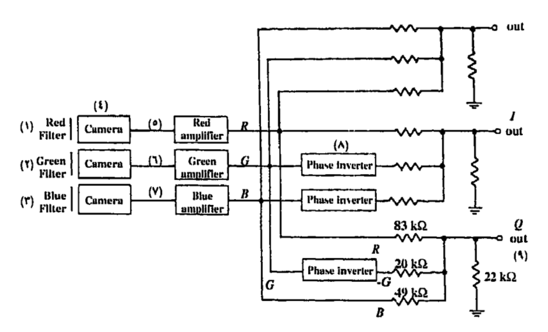
وعند الإرسال يتم تحليل ألوان الصورة بواسطة الكاميرا إلى ألوانها الأولية: الأحمر والأخضر والأزرق. بعد ذلك يتم خلط هذه الألوان لتكوين مركبات (أو إشارات) تختلف من نظام إلى آخر حتى تكون متوافقة مع نظم التليفزيون الأبيض والأسود الخاصة بها. ففى النظام الأمريكى (NTSC) يتم تكوين ثلاث إشارات : Y و I و Q، من الألوان الأولية الأحمر (R) والأخضر (G) والأزرق (B) كما يلى:

$$Y = 0.30\,R + 0.59\,G + 0.11\,B$$

$$I = 0.60\,R - 0.28\,G - 0.32\,B$$

$$Q = 0.21\,R - 0.52\,G + 0.31\,B$$

ويوضح الشكل (٤-٩) كيفية توليد هذه المركبات أو الإشارات الثلاث تمهيدا لإرسالها. ويلاحظ أن الإشارة Y تمثل اللون الأبيض والأسود، وهى متوافقة مع الصورة التى يستقبلها التليفزيون الأبيض والأسود. أما الإشارتان I و Q فتحملان المعلومات عن ألوان الصورة. والقرص المبين فى شكل (٤-١٠) يوضح كيف ترتبط هذه الإشارات بالألوان المختلفة. وعلى



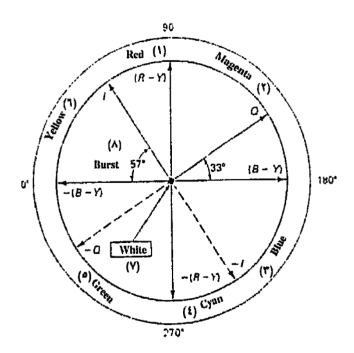
شكل (٤-٩) : كاميرا ملونة تبين كيفية الحصول على المركبات الثلاث Y و I و Q [مرجع ١١]

(١) مرشح للون الأحمر، (٢) مرشح للون الأخضر، (٣) مرشح للون الأزرق، (٤) كاميرا، (٥) مكبر اللون الأحمر، (٦) مكبر اللون الأخضر، (٦) مكبر اللون الأخضر، (٧) مكبر اللون الأزرق، (٨) عاكس للطور، (٩) خرج

سبيل المثال، إذا كانت مركبات الإشارة المستقبلة فى لحظة معينة هى Q = 0، والإشارة I لها أقصى قيمة، فإن اللون الناتج فى هذه اللحظة هو الأحمر البرتقالى القانى. وإذا قلت قيمة I، فإن درجة نقاء اللون تقل تباعا. وبتغيير درجات الخلط بين الإشارتين I و Q يمكن الحصول على أى لون نريده.

أما فى نظام (PAL)، فيتم استبدال الإشارتين (B-Y) و (R-Y) بالإشارتين I و Q. وبينما يتم إرسال إشارات المركبات المختلفة فى وقت واحد فى كل من النظامين (NTSC) و (PAL)، فإنه فى نظام (SECAM) يتم إرسال إشارتى الفروق بين الألوان على التتابع.

وفى أجهزة الاستقبال يكون التليفزيون معدا لاستقبال نظام معين، فيقوم باستخلاص الألوان الأولية الثلاثة من الإشارات الثلاث التى يستقبلها. ففى النظام الأمريكى (NTSC) على سبيل المثال، يتم استقبال الإشارات Y و I



شكل (٤-١٠) : قرص يبين كيفية ارتباط قيمة المركبات المستقلة بالألوان الناتجة [مرجع ١١]

(١) احمر، (٢) ارجوانى (احمر داكن)، (٣) ازرق، (٤) ازرق داكن، (٥) اخضر، (٦) اصفر، (٧) ابيض، (٨) تدفق

و Q، ومنها يتم الحصول على الألوان الأحمر والأخضر والأزرق طبقا لطرق الخلط الآتية :

$$R = Y - 0.96\,I + 0.26\,Q$$

$$G = Y - 0.28\,I - 0.64\,Q$$

$$B = Y - 1.10\,I + 1.7\,Q$$

وهى تمثل العملية العكسية لطريقة تكوين الإشارات Y و I و Q فى جهاز الإرسال. وجدير بالذكر أن أنبوبة التليفزيون الملون بها ثلاثة أشعة إلكترونية ماسحة ـــ شعاع لكل إشارة ـــ بدلا من شعاع إلكترونى واحد فى حالة التليفزيون الأبيض والأسود.

قنوات الإرسال :

في داخل كل دولة، يتم الإرسال التليفزيوني عبر قنوات متعددة، لكل قناة منها طابع خاص يميز البرامج والفقرات التي تقدمها. وعلى سبيل المثال، فإن القناة الأولى بجمهورية مصر العربية هي القناة الرسمية التي تهتم بأخبار الدولة ككل. وتغطي القناة الثانية هذا الجانب أيضا، ولكنها أكثر اهتماما بالبرامج الرياضية والإخبارية والأفلام باللغات الأجنبية. ثم تأتي بعد ذلك قنوات إقليمية ينصب اهتمامها على شئونها المحلية مثل قنوات القاهرة الكبرى والإسكندرية والدلتا ومدن القناة وشمال الصعيد وجنوبه.. وهكذا. ويختلف عدد القنوات من دولة إلى أخرى تبعا لمساحة هذه الدولة وعدد سكانها. ولكي يتم الفصل بين هذه القنوات، يلزم أن يكون تردد الموجة الحاملة لكل قناة مختلفا عن ترددات القنوات الأخرى بفارق معقول بما لا يسمح بالتداخل بين هذه القنوات عند استقبالها.

وعادة يتم الإرسال التليفزيوني في نطاقين من التردد. النطاق الترددي الأول هو التردد العالي جدا [Very High Frequency (VHF)] من ٣٠ ميجاهيرتز - ٣٠٠ ميجاهيرتز. أما النطاق الترددي الثاني، فهو التردد فوق العالي [Ultra High Frequency (UHF)] من ٣٠٠ ميجاهيرتز - ٣ جيجاهيرتز. ويتم البث عبر شبكة لاسلكية من محطات التقوية المقامة فوق أبراج تبعد عن بعضها البعض بمسافة لا تتجاوز ٥٠ كيلومترا، بما يضمن تغطية جميع المناطق التي يراد وصول البث التليفزيوني إليها.

البث الإذاعي والتليفزيوني الرقمي :

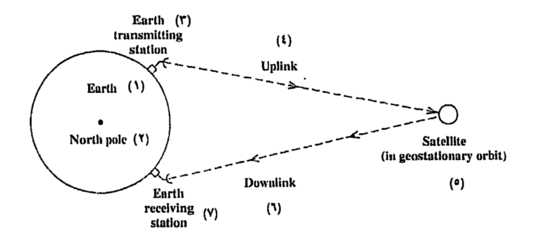
شرعت بعض الدول في استخدام نظام للبث الرقمي. وفي هذا النظام يتم تحويل الإشارة الصوتية أو المرئية - بعد تحويلها إلى صورتها الكهربية المتصلة - إلى سلسلة من النبضات تمثل الرقمين صفر و واحد. ثم يتم تضمين هذه النبضات بإحدى الطرق الرقمية.

ويتميز هذا النوع من البث بأنه يمكن فيه تنقية هذه السلسلة من النبضات عند محطات التقوية من الشوشرة المصاحبة لها بنسبة خطأ ضئيلة للغاية (أقل من ١٠-١١)، حيث يعاد بثها إلى مقصدها. وفى جهاز الاستقبال يتم فك تضمين هذه النبضات وإعادتها إلى صورتها الكهربية المتصلة، ثم من خلال محولات طاقة الخرج نحصل على صوت أكثر نقاء أو صورة أكثر وضوحا مما نسمعه أو نراه حاليا. هذا إلى جانب إمكانية تخزين البرامج على أقراص صغيرة لنسمعها أو نشاهدها حيثما نريد. ولذلك فإن هذا النوع من البث يحتاج إلى أجهزة استقبال تتواءم مع طريقة الإرسال، وهى أغلى ثمنا من الأجهزة الحالية، وإن كان من المتوقع أن ينخفض ثمنها مع تقدم التكنولوجيا وزيادة انتشارها.

الفصل الخامس

الاتصالات عبر الأقمار الصناعية

لاشك أن الأقمار الصناعية هى أهم الوسائل التى تهدف إلى تحقيق شمولية الاتصالات (الشكل ٥-١). وتكمن الشمولية فى إمكانية تحقيق الاتصال بين نقطة وأخرى (فى حالة المكالمات التليفونية)، أو بين نقطة وعدة نقاط مهما بعدت المسافة بينها على سطح الأرض (فى حالة البرامج التليفزيونية مثلا). هذا بالإضافة إلى العديد من المزايا الأخرى التى يتمتع بها هذا النوع من الاتصالات ومنها:



شكل (٥-١) : نظام الاتصالات عبر القمر الصناعى [مرجع ٩]

(١) الأرض، (٢) القطب الشمالى، (٣) محطة إرسال أرضية، (٤) وصلة إلى أعلى، (٥) القمر الصناعى (فى مدار متزامن) - أى ثابت بالنسبة للأرض-، (٦) وصلة إلى أسفل، (٧) محطة استقبال أرضية

(١) أن تكلفة الوصلة فى الاتصالات عبر الأقمار الصناعية لا تعتمد على طولها، بينما تزيد التكلفة بزيادة الطول فى حالة الكابلات بجميع أنواعها.

(٢) يمكن عن طريق الأقمار الصناعية الوصول إلى المناطق النائية ذات الطبيعة الجغرافية الوعرة التى يصعب مد الكابلات إليها. هذا بالإضافة إلى أنه يمكن إيجاد مسار مباشر بين الأقمار الصناعية والأرض يضمن عدم تعرض الموجات للإعاقة.

(٣) يمكن عن طريق الأقمار الصناعية تغطية سطح الكرة الأرضية بأسره باتصالات دائمة على مدار الزمن، بينما يصعب تنفيذ ذلك اقتصاديا وعمليا بشبكة من الكابلات.

(٤) كان للأقمار الصناعية الفضل فى تيسير الاتصال مع الطائرات والسفن والسيارات، وحتى بين البشر بعضهم بعضا.

(٥) يتميز القمر الصناعى بسعته الكبيرة من حيث عدد القنوات المنقولة بواسطته سواء كانت صوتية أو معلوماتية أو تليفزيونية.

وعلى الرغم من أن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية قصد بها فى بداية الأمر أن تكون بديلا عن الوصلات الأرضية، فإننا يجب أن نوضح أن الاتصالات تتم على مراحل متعاقبة، وليست الأقمار الصناعية سوى مرحلة من هذه المراحل. ومن التطبيقات الشائعة حاليا المكالمات التليفونية ونقل البرامج التليفزيونية التى يستقبلها الناس فى منازلهم. هذا بالإضافة إلى إرسال المعلومات والبيانات بسرعة فائقة عن طريق استخدام أطراف بهوائيات ذات فتحات صغيرة جدا [Very Small Aperture Terminals (VSATs)] خلال محطة تحويل مركزية، مما يمكن من تكامل البيانات ذات المعدل المنخفض مع بقية النظام.

وقد شــهدت السنوات القليلة الماضــية إعطاء دفعــة كبيـرة للأبحاث التى تهدف إلى تحـقيق شبكة اتصـــالات شـخصيــة شاملة، غيـر مكلفة اقتـصاديا ويمكن الاعتـماد عليـها، وذلك لاستـخدامـها فى كل مكان وزمـان من خلال أجهزة صـغيرة يحملها المشـتركون فى أيديهم. ومن المتوقع أن تســتمر هذه الأبحاث بنفس قـوة الدفع خلال العقـد الأول من القرن الحادى والعـشرين. ولاشك أن الزيادة الأسـية[1] (exponential) فى عـدد المشـتركين للتـليفـون المحمـول تشجع على تحديد المعـالم لاتصالات المحـمول فى المستـقبل. وعلى الرغم من أن نظـم الاتصـالات الخلوية (Cellular Systems) الحـاليـة تعطى خدمة جـيدة للمكالمات الصوتيـة والرسائل المعلوماتية فى المناطـق المزدحمة، فإنها لا تعتبر الاختيار الأمثل لنظام الاتصالات الشاملة. ومن هنا كان البحث عن الاتصالات عـبر الأقمـار الصناعية لتـحقيق شـمولية شـبكات الاتصال. وتعتبر الأقمار الصناعية ذات المدارات المنخفضة [Low Earth Orbit (LEO)] هى الاختيار الأفـضل لتنفيذ شبكة للاتصالات الشخـصية الشاملة. وذلك لما يتميز به هذا النوع من الأقمار من انـخفاض زمن التأخر للإشارة المرسلة مع قلة الفقد فى قوتها، مقارنة بالأقمـار ذات المدارات المتزامنة أو الثابتة جغرافيا بالنسبة للأرض [Geostationary Earth Orbit (GEO)].

وقبل أن نقسم الأقمار تبعا لمداراتها وتطـبيقاتها، نورد نبذة تاريخية عن الاتصالات عبر الأقمار.

نبذة تاريخية عن الاتصالات عبر الأقمار الصناعية

القمر الصناعى ما هو إلا محطة فـضائية توضع فى مدار حول الأرض، وتحمل على متنهـا أجهزة للاستقبال والإرســال فى نطاق الترددات المتناهية القصر (Microwave frequencies)، حيث تقوم باستـقبـال الإشارة من مصدرها

(١) أى أن الزيادة تتم بمعدل له أس يزيد على الواحد الصحيح. وإذا كـان الأس يساوى واحدا صحيحا تصبح الزيادة خطية.

وإعادة إرسالها إلى مـقصدها مهما بعدت المسـافة بينهما على سطح الأرض. ويكمن السبب فى اختيار موجات التـرددات المتناهية القصر في أنها تستطيع اختراق طبقة الأيونوسفير، ذلك أن الأقـمار الصناعية بشتى أنواعها تدور فى مدارات أعلى من طبـقة الأيونوسفـير. ومن أسبـاب استخـدام هذه الترددات أيضا، أنهـا تستطيع أن تحـمل عددا كـبيرا من قنوات الاتصـال مما يزيد من سعة القمر، بالإضافة إلى صغر قطر هوائيات الاستقبال والإرسال سواء على سطح القـمـر أو الأرض، لأنه من المعـروف أن قطر الهـوائـى الطبق(Dish) يتناسب تناسـبا عكسيـا مع زيادة التردد. ويوضح الجـدول (٥-١) بعض الترددات المستخدمة للأقمار الصناعية :

جدول (٥-١) : الترددات المستخدمة فى بعض الأقمار الصناعية

التردد بالجيجاهيرتز (GHz)	الاتجـاه
١,٥٥٩ -١,٥٣٠	إلى أسفل (*)
١,٦٦٠٥-١,٦٢٦٥	إلى أعلى (**)
٤,٢٠٠-٣,٤٠٠	إلى أسفل
٧,٠٧٥-٥,٨٥٠	إلى أعلى
٧,٧٥-٧,٢٥٠	إلى أسفل
٨,٤٠٠-٧,٩٠٠	إلى أعلى
١٢,٧٠-١٠,٧٠	إلى أسفل
١٣,٢٥-١٢,٧٠	إلى أعلى
١٤,٨٠-١٤,٠٠	إلى أعلى
١٧,٧٠-١٧,٣٠	إلى أعلى
١٨,١٠-١٧,٧٠	كلاهما
٢٠,٢٠-١٨,١٠	إلى أسفل
٣٠,٠٠-٢٧,٠٠	إلى أسفل

(*)إلى أسفل تعنى الوصلة من القمر إلى الأرض.
(**)إلى أعلى تعنى الوصلة من الأرض إلى القمر.

ويتم التنسيق بين خدمات الأقمار الصناعية بواسطة الاتحاد الدولى للاتصالات [International Telecommunication Union (ITU)] ومقره جنيف بسويسرا. كما تعقد مؤتمرات بصفة دورية، بهدف تحديد القدرات الإشعاعية للأقمار وتردداتها ومداراتها حتى لا تتداخل مع الأقمار القائمة بالفعل، أو تصطدم بها. ومن هذه المؤتمرات، المؤتمر العالمى الإدارى للراديو [World Administrative Radio Conference (WARC)]، والمؤتمر الإدارى لراديو المناطق (RARC).

وفيما يلى سنعرض لتاريخ أكبر هيئتين دوليتين فى مجال الاتصالات عبر الأقمار، وهما إنتلسات (Intelsat) وإنمارسات (Inmarsat).

بدأت الخطوة الأولى فى مجال الاتصالات على المستوى التجارى بتأسيس الهيئة الدولية لاتصالات الأقمار (إنتلسات) [International Telecommunications Satellite Organization (Intelsat)] فى أغسطس ١٩٦٤. وقد اشتركت ١١ دولة فى هذا التأسيس. وتم إطلاق أول قمر (إنتلسات ١) بواسطة مؤسسة «ناسا» لأبحاث الفضاء (NASA) فى عام ١٩٦٥. ويصل عدد الدول المشاركة فى هذه الهيئة حاليا إلى أكثر من ١٣٢ دولة. والقمر (إنتلسات ١) يصل اتساع نطاقه الترددى إلى ٢٥ ميجاهيرتز، وهو يعمل فى «النطاق C» (C-band) حيث يبلغ تردد الموجة الحاملة من أسفل إلى أعلى ٦ جيجاهيرتز، ومن أعلى إلى أسفل ٤ جيجاهيرتز. وتصل سعة هذا القمر إلى ٢٤٠ دائرة صوتية (أو دائرة تليفزيونية واحدة). وكان الاتصال بهذا القمر يتم من خلال ٦ محطات أرضية، منها محطتان بأمريكا الشمالية و ٤ محطات بأوروبا. ونظرا لأنه لم يكن متاحا فى ذلك الوقت أن تتصل هذه المحطات بالقمر فى وقت واحد ـ كما هو الحال الآن ـ فإن كل محطة على حدة كانت تأخذ دورها فى الاتصال بالقمر ثم تبث رسائلها إلى المحطات الأخرى خلال شبكة أرضية تربط فيما بينها. ورغم أن العمر الافتراضى للقمر (إنتلسات ١)

كان ثمانية عـشر شهرا فقط، فقد استـمر فى أدائه المقبول لمدة ثلاث سنوات ونصف السنة.

بدأ بعد ذلك إطلاق سلسلة من الأجيال المتعاقـبة للقمر إنتلسات، منها جيل القمـر (إنتلسات ٦) الذى بدأ إطلاقه عـام ١٩٨٩ ويضم مجمـوعة من خمـسة أقمار، وليس قمرا واحدا كما هو الحال فى (إنتلسات ١). ومن هذه المجموعة تم تخصـيص قمرين لتغطيـة منطقة المحيط الهندى، وثلاثـة أقمار لتغطيـة منطقة المحيط الأطلنطى.

وفى عام ١٩٩٣ بـدأ إطلاق جيل جـديد من الأقمار سـميت (إنتـلسات ٧). ويضم هذا الجيل ١٨ ألف دائرة صوتية يمكن أن تزيد إلى ٩٠ ألف دائرة صوتية عند اسـتـخـدام النظام الـرقـمى [Digital Channel Multiplication Equipment (DCME)]، هذا بالإضافة إلى ثلاثة برامج تليـفزيونية. وتقع ترددات الموجات الحاملة لهذه المجـموعة فى النطاق C (حول ٦ جيـجاهيرتز) وفى النطاق K_u (حول ١٤ جيجاهيرتز). والعمر الافتراضى لهذا الجيل من ١٠-١٥ عاما.

وفى عام ١٩٩٥ بـدأ إطلاق جيل أكثـر تطورا من الجيـل السابع للقـمر إنتلسات، أطلق عليـه (إنتلسات ٧أ). والفرق الوحيد بينـه وبين الجيل السابق هو زيادة عـدد الدوائر إلى ٥٠٠ ٢٢ دائرة صـوتيـة، يمكن أن تـرتفع إلى ١١٢٥٠٠ دائرة باستخدام النظام الرقمى DCME.

وقد بدأ حديثا إطلاق الجيلين المتطورين (إنتلسات ٨) و (إنتلسات ٨أ) اللذين يتميزان بسعة أكبر وأداء أفضل. وهكذا كلما قارب العمر الافتراضى لأحد الأجيال القديمة علـى الانقضاء، بادرت إنتلسـات بإطلاق جيل جـديد أكثر تـطورا ليواكب الزيادة المطردة فى حركة الاتصـالات عبر الأقمار الصناعيـة. وتجدر الإشارة إلى أن جميع أقـمار إنتلسات تقدم خدمـاتهـا إلى أطـراف ثابتة [Fixed Satellite Services (FSS)] وتدور فى مدارات متزامنة مع دوران الأرض.

أما الهيئة الدولية الثانية التى نود الحديث عنها، فهى الهيئة الدولية للملاحة البحرية عبر الأقمار الصناعية (إنمارسات) [International Maritime Satellite Organization (Inmarsat)]، ويطلق عليها أحيانا خدمات الأقمار للمتحركات [Mobile Satellite Services (MSS)].

وعلى الرغم من أن الهدف الأساسى من وراء إنشاء هذه الهيئة فى ١٩٧٩ كان خدمة الملاحة البحرية، فإنها تطورت لتحقق اتصالات شاملة للمتحركات من طائرات وسيارات وغيرهما.

وتضم هيئة إنمارسات فى عضويتها حاليا أكثر من ٦٤ دولة، وقد شرعت فى تقديم خدماتها ابتداء من عام ١٩٨٢. وفى حين أن عدد المشتركين فى خدمة (إنمارسات ـ أ) كان محدودا للغاية عام ١٩٨٢، فإنه ارتفع إلى ١٦ ألف مشترك عام ١٩٩٢. ومع استخدام (إنمارسات ـ ب) عام ١٩٩٣ ازداد عدد المشتركين على ذلك كثيرا. أما (إنمارسات ـ جـ) فهو نظام يعمل على تبادل البيانات والمعلومات فقط دون الرسائل الصوتية. وفى عام ١٩٩٤ كان هذا النظام يقوم بخدمة نحو ثلاثة آلاف طرف متحرك. وفى عام ١٩٩٦ بدأ استخدام نظام (إنمارسات ـ م)، ومن المتوقع أن يصل عدد المشتركين إلى نحو ٦٠٠ ألف طرف متحرك قبل حلول عام ٢٠٠٥.

وبالنسبة للمحطات الأرضية القائمة على خدمة نظم إنمارسات، وصل عدد المحطات المخصصة لخدمة نظام (إنمارسات ـ أ) فى عام ١٩٩٢ إلى ٢٢ محطة، من بينها محطة المعادى بجمهورية مصر العربية. وكانت هناك خطة لإنشاء ١١ محطة أخرى بعد ذلك. وبالنسبة لـ (إنمارسات ـ جـ) كانت هناك فى عام ١٩٩٢ ثمانى محطات أرضية، بالإضافة إلى ١٣ محطة أخرى تحت الإنشاء. ويلاحظ أن إنمارسات هى الهيئة الوحيدة التى تقدم خدمة اتصالات شاملة للأطراف المتحركة.

تقسيم الأقمار طبقا لمداراتها

تنقسم الأقمار الصناعية طبقا لارتفاع مداراتها إلى ثلاثة أنواع:

١ ـــ الأقمار المتزامنة أو الثابتة جغرافيا بالنسبة للأرض (GEO):

يبلغ ارتفاع مدارات هذه الأقمار نحو ٣٦ ألف كيلومتر فوق سطح الأرض فى مستوى خط الاستواء. ونظرا لأن الأرض دائمة الدوران، فلابد أن يدور القمر فى مداره بنفس السرعة الزاوية للأرض، وفى نفس اتجاه دورانها، حتى يكون ثابتا جغرافيا بالنسبة لها. وحينما يكون القمر ثابتا بالنسبة للأرض، فإن عملية التزامن (Synchronization) بين القمر والمحطات الأرضية تصبح سهلة ميسورة. بالإضافة إلى ذلك فإن ثلاثة أقمار من هذا النوع تدور فى مستوى خط الاستواء، ويفصل بين كل قمر منها والآخر ١٢٠°، يمكنها أن تغطى جميع أجزاء سطح الكرة الأرضية باستثناء بعض المناطق حول القطبين الشمالى والجنوبى. وكانت هذه المزايا حافزا لنجاح الاتصالات بهذا النوع من الأقمار خلال العقود الثلاثة الماضية.

ولكن من عيوب هذا النوع من الأقمار، طول زمن الرحلة التى تقطعها الإشارة. وعلى سبيل المثال فإن زمن التأخر فى رحلة المكالمة التليفونية الدولية ـ ذهابا وإيابا ـ يصل إلى حوالى ٥٧٠ مللى ثانية (المللى = ١٠^-٣) مما يتسبب فى سماع صدى للصوت. وفى حالة إرسال البيانات فإن هذا التأخر ينتج عنه خطأ فى استقبالها. ويعتمد زمن التأخر (أى الزمن الذى تستغرقه رحلة الإشارة) على زاوية ارتفاع القمر بالنسبة للمستخدم، فيمكن أن يزيد زمن التأخر من ٢٣٧ إلى ٢٧٧ مللى ثانية إذا قلت زاوية الارتفاع من ٩٠° إلى صفر°.

ومن عيوب الأقمار الثابتة بالنسبة للأرض أيضا، الفقد الكبير فى قوة الإشارة خلال الرحلة الطويلة التى تقطعها، مما يتطلب فى أصغر طرف

للاتصال مع هذه الأقمار ألا يقل وزنه عن ٢,٥٠ كيلوجرام، وأن يكون حجمه فى حجم الورقة الكوارتر (A4).

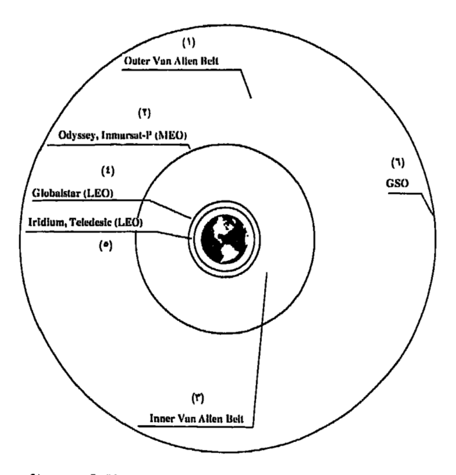
وهناك عيب آخر، وهو عجز هذه الأقمار عن تغطية المناطق حول قطبى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى. وذلك لأن القمر الذى يدور فى مستوى خط الاستواء يحتاج إلى زوايا ارتفاع حادة للغاية للوصول إليه من المناطق ذات خطوط العرض المرتفعة، كما هو الحال فى المناطق القطبية الشمالية والجنوبية. وفى المناطق الآهلة بالسكان لا تقل زاوية الارتفاع عن ٤٠° من أجل أداء مقبول. وهذه الزوايا يصعب الحصول عليها حتى فى بعض العواصم الأوروبية.

هذا بالإضافة إلى التكلفة العالية للصواريخ التى تحمل القمر الثابت لتضعه فى مداره، كما يمكن أن يتأثر القمر بكسوف الشمس أو خسوف القمر.

٢ ــ الأقمار متوسطة ومنخفضة المدارات [(MEO) & (LEO)]:

كانت العيوب التى ذكرناها لأقمار المدارات المتزامنة حافزا للتفكير فى إطلاق أقمار منخفضة المدارات، مما يحقق فقدا أقل لقوة الإشارة وزمنا أقصر فى نقلها. وعلى الرغم من أننا نملك مستوى واحدا للأقمار المتزامنة، مما يحد من إطلاق عدد كبير منها، فإنه يوجد عدد لانهائى من المدارات غير المتزامنة، مما يجعل من تصميم شبكة مرنة تضم العديد من الأقمار أمرا ميسورا. والجدير بالذكر أنه كلما قل ارتفاع المدار للقمر الصناعى، صغر حجم الطرف الأرضى المستخدم للاتصال بالقمر، وتناقص الفقد فى قوة الإشارة، وقصر الزمن الذى تستغرقه الرسالة فى رحلتها من مصدرها إلى مقصدها. ويلاحظ أن هناك منطقتين حول الكرة الأرضية ـ الأولى تقع على ارتفاع يتراوح بين ١٥٠٠ و ٥٠٠٠ كيلومتر، والثانية بين ٠٠٠ ٢٠ و ٢٦٠٠٠

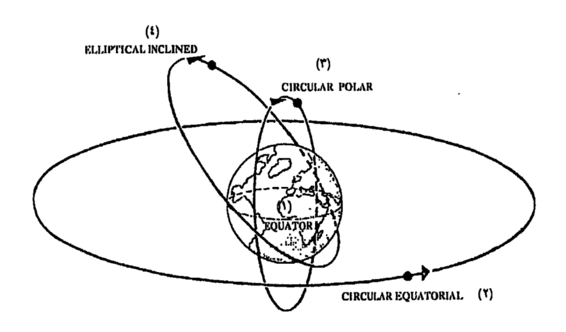
كيلومتر ـ تسميان «حزامى فان ألن» (Van Allen Belts)، تزيد فيهما درجة التأين مما يولد إشعاعا قد يدمر مكونات القمر الإلكترونية ويقلل إلى حد كبير من عمره الافتراضى. ولذلك يراعى فى مدارات الأقمار متوسطة أو منخفضة المدارات، ضرورة أن تتجنب هاتين المنطقتين كما هو موضح بالشكل (٥-٢).



شكل (٥-٢) : ارتفاعات المدارات لنظم الأقمار الصناعية المختلفة [مرجع ١٠]

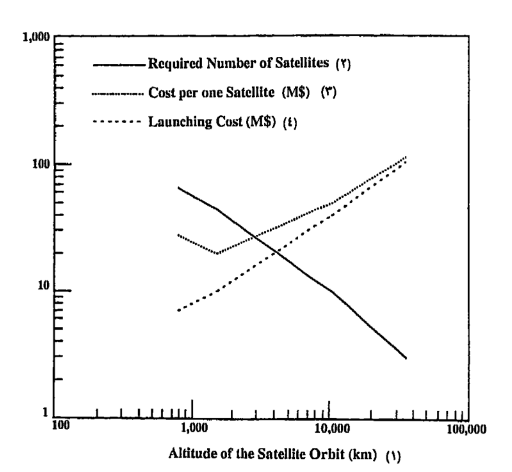
(١) حزام فان الن الخارجى، (٢) أوديسى وإنمارسات - P (نظامان للمدارات متوسطة الارتفاع)، (٣) حزام فان الن الداخلى، (٤) جلوبال ستار (أحد النظم من ذوى المدارات المنخفضة)، (٥) إيريدوم وتليديسك (نظامان من نظم المدارات المنخفضة)، (٦) المدار المتزامن مع الأرض

وتقع ارتفاعات الأقمار متوسطة المدارات بين ١٠٠٠٠ و ٢٠٠٠٠ كيلومتر، أما منخفضة المدارات فتقل ارتفاعاتها عن ١٥٠٠ كيلومتر. وهناك مدارات دائرية وأخرى بيضاوية الشكل (انظر شكل ٥-٣). ويوضح الشكل (٥-٤) مقارنة تقريبية بين عدد الأقمار اللازمة للتغطية الأرضية الشاملة لكل ارتفاع من ارتفاعات مختلفة لمدار القمر. كما تشتمل المقارنة أيضا على التكلفة النسبية للقمر الواحد وتكلفة الإطلاق. ويظهر من الشكل (٥-٤) أنه كلما قل ارتفاع مدار القمر، زاد عدد الأقمار اللازمة للتغطية الشاملة للأرض. وعلى سبيل المثال، فإن نظام إيريديوم (Iridium) الذى أطلقته شركة موتورولا (Motorola) للأقمار منخفضة المدارات (LEO) يتكون من ٦٦ قمرا للتغطية الشاملة. فى المقابل، لا يزيد عدد الأقمار ذات المدارات المتزامنة اللازمة لذلك على ثلاثة أقمار.



شكل (٥-٣) : انواع المدارات للأقمار الصناعية [مرجع ٢٤]

(١) خط الاستواء، (٢) دائرى حول خط الاستواء، (٣) دائرى حول القطب، (٤) بيضاوى مائل



شكل (٥-٤) : مقارنة بين نظم الأقمار الصناعية طبقا لارتفاعات مداراتها [مرجع ١٠]

(١) ارتفاع مدار القمر الصناعى (بالكيلو متر)، (٢) العدد المطلوب من الأقمار الصناعية (٣) التكلفة لكل قمر صناعى (بالمليون دولار)، (٤) تكلفة الإطلاق (بالمليون دولار)

ويقارن الجدول (٥-٢) بين أنواع الأقمار طبقا لارتفاع مداراتها. ويتضح من هذا الجدول أن أكثر النظم تعقيدا وتكلفة هو نظام المدارات المنخفضة. ففى هذا النظام الأخير، تدور الأقمار بسرعة فى مداراتها، وتصبح عملية التزامن أكثر صعوبة، وذلك بالمقارنة بتلك الأقمار التى تدور فى مدارات متزامنة بطبيعتها. ونظرا لصغر المساحة الأرضية التى يغطيها القمر الواحد ذو المدار المنخفض، فإن الأمر يتطلب توافر عدد كبير من هذه الأقمار (فى شكل شبكة فى الفضاء) للتغطية الشاملة لسطح الكرة الأرضية.

ولكننا مع ذلك يجب أن نـنوه هنا بالمزايا التى تقـدمهـا الأقمـار ذات المدارات المنخفضـة، وهى قصر زمن التأخـر وقلة الفقد فى قوة الإشارة، ممـا يجعلها المرشحة الأولى للاتصالات الشخصية المحمولة فى المستقبل.

جدول (٥-٢) : مقارنة بين نظم الأقمار المختلفة

وجه المقارنة	الأقمار منخفضة المدارات	الأقمار متوسطة المدارات	الأقمار متزامنة المدارات
التكلفة الكلية للأقمار	عالية	منخفضة	متوسطة
عمر القمر بالسنوات	٣-٧	١٠-١٥	١٠-١٥
إمكانيـة حـمل الطرف الأرضى باليد	ممكنة	ممكنة	شديدة الصعوبة
زمن التأخر	قصير	متوسط	طويل
الفقد فى قوة الإشارة	قليل	متوسط	كبير
طبيعة شبكة الأقمار	معقدة	متوسطة التعقيد	بسيطة
تغيير وصلة الاتصال بين الطرف الأرضى والقمر الواحد	يحدث كثيرا	يحدث بدرجة متوسطة	لا يحدث
فترة الإعداد والتطوير	طويلة	قصيرة	طويلة
فترة رؤية القمر الواحد	قصيرة	متوسطة	دائمة

ومن المقرر هذا العام أن يصل عدد الأقمار الصغيرة الدائرة فى مدارات منخفضة إلى ٨١٣ قمرا، وسيرتفع العدد إلى ١٣٢٢ قمرا فى عام ٢٠٠٥. من ذلك يتضح أن مستقبل الاتصالات الشخصية الشاملة للأطراف المتحركة سيكون عبر الأقمار الصناعية منخفضة المدارات.

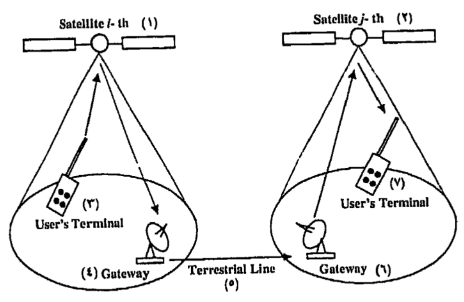
نظم الأقمار منخفضة المدارات للمتحركات

تنقسم هذه الأقمار إلى نوعين أساسيين هما: أقمار صغيرة لتغطية دولة أو منطقة بعينها، وأقمار كبيرة تقدم خدمة شاملة. ومن أمثلة هذه الأخيرة: الإيريديوم (Iridium)، والجلوبال ستار (Globalstar)، والأوديسى (Odyssey)، والأريز (Aries). وسنعرض لكل منها فيما يلى باختصار.

١ ـ **نظام الإيريديوم** : قامت شركة «موتورولا» بتصميمه وإطلاقه ليقدم خدمة شاملة لسطح الكرة الأرضية للاتصالات التليفونية والفاكس، وإرسال واستقبال البيانات، ونقل الصفحات (Paging). ويتكون هذا النظام من ٦٦ قمرا تدور فى ستة مدارات قطبية على ارتفاع ٧٨٠ كيلومترا من سطح الأرض. ويزن كل قمر حوالى ٧٠٠ كيلوجرام، ويتراوح عمره الافتراضى بين ٥ و ٨ سنوات. ويعمل هذا النظام فى «نطاق L» الترددى (L-band) من ١٦١٦-١٦٢٦,٥٠ ميجاهيرتز فى الاتجاهين، أى من الطرف الأرضى إلى القمر والعكس. فى حين تتصل الأقمار فيما بينها فى «نطاق Ku»، من ٢٣,١٨ إلى ٢٣,٣٨ جيجاهيرتز. ويستخدم هذا النظام أسلوب «النَّيْل المتعدد مقسم الزمن» [Time Division Multiple Access (TDMA)]، أى أن كل مشترك يرسل ويستقبل فى فترة زمنية معينة لا يشاركه فيها مشترك آخر. وتوجد أيضا محطات أرضية لربط الشبكة الأرضية بشبكة الأقمار (Gateway).

٢ ـ **نظام الجلوبال ستار** : قامت بتصميمه شركة «لورال كوالكوم

ستالايت ســرفيسس» (Loral Qualcomm Satellite Services). وهو يؤدى نفس الخدمات التــى يؤديها نظام إيريديوم، إلا أنه يختلف عنه فى أن عــدد الأقمار يصل إلى ٤٨ قـمرا، تدور فى ثـمانيــة مدارات مــائلة يبلـغ ارتفـاعهــا ١٤١٤ كـيلومتـرا فوق سطــح الأرض. كمــا أن هذا النظام يســتـخــدم أسلوب «النَّيْل المتعدد مقسم الكود»[Code Division Multiple Access (CDMA)]، أى أن جميع المشــتركين يمكن أن يرسلوا أو يســتقـبلوا فى وقت واحــد، وفى نفس النطاق الترددى، إلا أن كل مشـــترك يختلف عن غيره بكود أو شفــرة خاصة به. وتم تصمــيم هذا النظام ليعمل مع الشــبكة العامة للتليــفونات [Public Switched Telephone Network (PSTN)]. ويســتــخــدم هذا النظام طريقــة «الأنبــوبة الملتــوية» (Bent-pipe) للاتصــال بين طرفــيه، كـمــا هو مــوضح فى الشكل (٥-٥)، حــيث يتم اســتـخــدام الشــبكة الأرضــية لإكـمـــال الدائرة بين طرفى الاتصال المتباعدين.



شكل (٥-٥) : نظام للاتصال عبر الأقمار الصناعية المنخفضة باستخدام طريقة الأنبوبة الملتوية [مرجع ١٠]

(١) القمــر الصناعى رقم *i* ، (٢) القمــر الصناعى رقم *j*، (٣) النهاية الطرفــية للمــستخــدم، (٤) نقطة اتصال بين شبكتين، (٥) خط أرضى، (٦) نقطة اتصال بين شبكتين، (٧) النهاية الطرفية للمستخدم

٣ ــ نظام أوديسى : قامت بتصميمه شركة «تى دبليو آر» (TWR) ويقدم خدمة شاملة أيضا كالنظامين السابقين. وهو يتكون من ١٢ قمرا تدور فى ثلاثة مدارات على ارتفاع ١٠٣٤٥ كيلومترا من سطح الأرض. ولذلك يمكن أن نعتبره نظاما للأقمار متوسطة المدارات (MEO). ولكنه يستخدم نفس النطاقات الترددية التى تستخدمها الأقمار ذات المدارات المنخفضة. وهذا النظام يستخدم أسلوب «النَّيْل المتعدد مقسم الكود» (CDMA)، كما هو الحال فى نظام جلوبال ستار.

٤ ــ نظام أريز : قامت بتصميمه شركة الاتصالات المجمعة (Constella-tion Communications Inc.) ويقدم نفس الخدمات الشاملة التى تقدمها النظم السابقة. ويتكون هذا النظام من ٤٨ قمرا تدور فى أربعة مدارات على ارتفاع ١٠٢٠ كيلومترا من سطح الأرض. ويمكن للأطراف اليدوية أو الموجودة فى المركبات المرتبطة بالأقمار ومحطات الربط، أن تقدم خدمة للاتصال مع شبكات التليفونات الأرضية العامة والخاصة.

تقسيم الأقمار طبقا للمساحة التى تغطيها

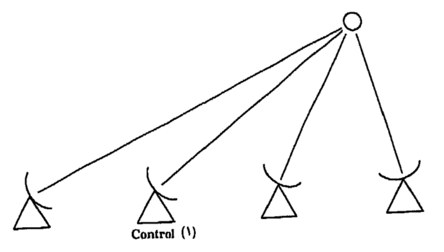
يمكن أن تقسم الأقمار طبقا للمناطق التى تغطيها إلى:

● شاملة، وهى التى تغطى خدماتها سطح الكرة الأرضية كله (Global) استقبالا وإرسالا. وتنظم هذا النوع هيئة إنتلسات الدولية.

● إقليمية، كتلك التى تغطى منطقة بعينها (Regional) مثل «عربسات» (Arabsat) الذى يغطى المنطقة العربية. وتشترك فى امتلاك هذا النوع من الأقمار عادة مجموعة من الدول المتجاورة جغرافيا.

● أما النوع الثالث فهو الوطنى أو المحلى (Domestic) الذى يكون هدفه خدمة دولة بعينها وهى التى تمتلكه، مثل «نايل سات» (Nilesat) الذى يخدم

جمهورية مصر العربية. ونظرا لأنه من النوع المتزامن مع الأرض، فإنه يمكن أن يغطى مساحة تصل إلى حوالى ثلث الكرة الأرضية، أى يمكن أن تصل برامجه إلى العالم العربى بأسره وبعض مناطق جنوب أوروبا بالإضافة إلى العديد من الدول الإفريقية. ويتميز النوع المحلى أيضا بأنه يربط المناطق النائية ـ التى يصعب مد شبكة اتصالات تقليدية إليها ـ بالوطن الأم. كما أنه يبث للعاملين بالخارج أو المهاجرين أخبار وطنهم وييسر لهم الاتصال بذويهم. وهناك العديد من الدول التى أطلقت أقمارا محلية لخدمتها مثل إندونيسيا والهند وكندا واليابان وغيرها. وعادة ما يرتبط القمر بشبكة من المحطات الأرضية، كما هو موضح فى الشكل (٥-٦) بطريقة تجعله كمركز لنجمة. كما يتم تخصيص إحدى المحطات الأرضية للتحكم فى وضع القمر بالنسبة للأرض، والذى يتعرض إلى قوى للجذب من جانب الأرض والشمس والقمر الطبيعى، مما يمكن أن يسبب له انحرافا عن الوضع المحدد له.



شكل (٥-٦) : شبكة اتصال بالقمر الصناعى تُظهره كمركز لنجمة [مرجع ٢٤]

(١) محطة تحكم

الفصل السادس

الاتصالات الشخصية اللاسلكية
أو اتصالات المحمول

من الإنجازات العظيمة للقرن العشرين، أنه أمكن تنفيذ شبكة سلكية كونية، يمكن عن طريقها الاتصال تليفونيا أو إرسال بيانات إلى أى موقع بالكرة الأرضية. ومن أهداف الاتصالات الشخصية اللاسلكية، أن يتمكن الإنسان من استخدام هذه الشبكة الكونية للاتصال فى أى وقت وأى مكان، ومهما كان وضعه: ساكنا أو متحركا، سائرا على قدميه أو راكبا سيارة أو قطارا أو باخرة أو طائرة.

وقبل أن نصف النظام الخلوى (Cellular System) المستخدم فى تقديم خدمات الاتصالات الشخصية، أو ما يطلق عليه اتصالات المحمول [Personal Communication Services (PCS)]، سنستعرض فيما يلى التطور التاريخى لهذا المجال الحيوى والمهم.

□ يرجع تاريخ الاتصالات للمتحركات إلى عام ١٩٢١، حينما استخدم رجال البوليس فى سياراتهم بمدينة ديترويت الأمريكية نوعا من الاتصال كان

يتم فى اتجـاه واحد، وفى نطاق ترددى يبلغ حـوالى ٢ ميـجاهيـرتز. أما أول نظام لاتصــالات السيــارات فى الاتجاهين، فـقد بدأ تطبـيقه فــى عام ١٩٣٣ فى سيارات البوليـس بمدينة نيويورك، وفى نفس النطاق الترددى ٢ ميجاهيرتز. وقبل نهـاية ١٩٤٠ كانت هناك عشرة آلاف سيارة بوليس تستخدم نظام الاتصالات اللاسلكية.

□ كانت الاتصــالات فى البداية تعتـمد على نظام تضمين السـعة (AM). وقد أثرت الشوشـرة المنبعثة من مـحركات السـيارات على أداء هذا النوع من الاتصالات تأثيـرا سيئا. وشــهدت اتصالات السـيارات تحولا كبـيرا فى مـســارها فى الثـلاثينيـات من القـرن العـشـرين، عندمـا توصل العـالم آرمســترونج إلى تصـمـيم نظام الـ FM، حتى أنه فى خـلال ست سنوات كانت جميع الأجهزة تعمل بنظام FM.

□ فى عام ١٩٤٦ قـامت «معــامل بل للتليـفونات» (BTL) بتدشـين أول نظام لاتصالات السيارات لعامة الناس فى مدينة سانت لويس الأمريكية، كما تم مـد هذه الخدمـة لتغطى الطريق الســريع (Highway) الواصل بين مدينتى نيـويورك وبوسطن فى عــام ١٩٤٧. وكــان النطاق التـرددى لهـذا النظام يتـراوح بين ٣٥ – ٤٠ مـيـجاهيـرتز. وفى عــام ١٩٥٥ تم تشـغـيل نظام للاتصــالات مزود بـ ١١ قناة حـول تردد يبلغ ١٥٠ ميـجاهيـرتز. ونظرا للطلب المتزايد على هذا النوع من الخدمة، تمت إضافة ١٢ قناة أخرى حول تردد يبلغ ٤٥٠ ميجاهيـرتز. وكان التحكم فى كلا النظامين يتم يدويا، أى كان لابد من وجود عامل تليفون لتتم المكالمة.

□ فى عام ١٩٥٦ تم تشغيل أول نظام أوتومــاتيكى للقنوات التى تعمل حول ١٥٠ ميجــاهيرتز، وتم ذلك أيضا عام ١٩٦٩ بالنسبــة للقنوات التى تعمل حول ٤٥٠ ميجاهيرتز.

□ في عام ١٩٧١ طرحت شركة «بل» النظام المعروف حاليا بالنظام الخلوى. وفى عـام ١٩٨١ تم تحديد عـرض النطاق التـرددى لهـذا النظام بأربعين ميجـاهيرتز حول المدى من ٨٠٠–٩٠٠ ميـجاهيرتز. وقد بدأ تشـغيل هذا النظام فى شـيكاغو فى أكـتـوبر ١٩٨٣ بواسطة شركـة «ايه تى آند تى» [American Telephone and Telegraph (AT&T)]. وفى عـــام ١٩٩١ بدأ استـخدام النظام الرقمى للتليفـونات الخلوية المحمولة بالولايات المتـحدة . [U.S. Digital Cellular (USDC)]

□ فى عام ١٩٩٥ بدأ اسـتخدام نظام جديد للخـدمات الشخصـية فى النطاق الترددى من ١٨٠٠–١٩٠٠ ميجـاهيرتز. ومن المتوقع أن يغطى هذا النظام أغلب مناطق الولايات المتحدة خلال العام الحالى.

□ فى كل من أوروبا واليـابان، شهـدت نظم الاتصـالات الشخـصيـة تطورات موازية لما جرى بالولايات المتحـدة. ومن أحدث وأهم النظم الأوروبية ـ وهو المسـتـخـدم فى مـصر وأغلـب الدول العـربية ـ الـنظام الشـامل أو الكونى لاتصالات المحـمول أو المتـحرك أو النقال، والمـعروف باسم [Global System for Mobile Communications (GSM)] ، وقـد بدأ تشـغـيله فى أوروبا عـام ١٩٩١. وفى اليابان يسـتـخدم النظام الرقـمى الخلوى الباسيـفيكى [Pacific Digital Cellular (PDC)]، وقد بدأ تشـغيله عـام ١٩٩٣، وهو يشبـه إلى حد كبير النظام الأمريكى (USDC).

□ منذ عـام ١٩٩٥ بدأ التخطيط لإنـشاء شـبكة دولية لاتصـالات المحمـول، سميت [International Mobile Telecommunication 2000 (IMT-2000)]، ويتم الإشـراف على تخطيط هذه الشـبكة من قبـل الاتحاد الدولى للاتصـالات (ITU)، وهو إحدى هـيئات المعـايرة التابـعة للأمم المتـحدة ومقـره جنيف بسويسرا. وتـنبثق عن هذه الهيئة مـجموعة فنيـة لاتصالات الراديو يطلق

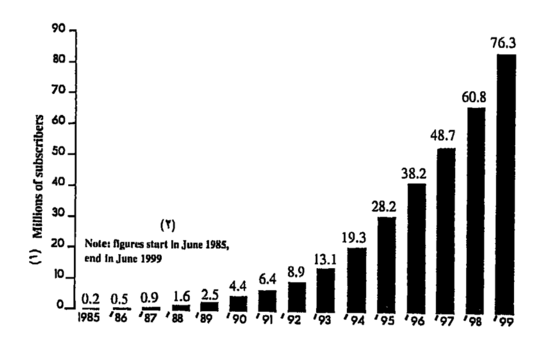
عليها اسم (ITU-R) ـ والحرف R هو اختصار لمصطلح «Radio Communications»، أى اتصالات الراديو.

- النظام الجديد لاتصالات المحمول سيكون شاملا لسطح الكرة الأرضية، ومتعدد الخدمات. وسيجمع هذا النظام الجديد بين نظام استدعاء الصفحات (paging)، والنظام اللاسلكى[1] (Cordless)، والنظام الخلوى، ونظام الاتصالات عبر الأقمار الصناعية ذات المدارات المنخفضة فى نظام واحد جامع شامل. وقد تم تحديد اتساع نطاق ترددى لهذا النظام مقداره ٢٣٠ ميجاهيرتز، حول ترددات ١٨٨٥–٢٠٢٥ و ٢١١٠–٢٢٠٠ ميجاهيرتز.

- إذا نظرنا إلى النمو المطرد لعدد المشتركين فى هذا النوع من الاتصالات، نجد أن عدد المشتركين فى تليفونات السيارات بلغ ١٨٠٠٠ مشترك بالولايات المتحدة عام ١٩٤٥. ومنذ ذلك التاريخ يتضاعف عدد المشتركين للمحمول عموما بمعدل ثلاث مرات كل خمس سنوات. وفى فرنسا، يتضاعف العدد مرتين كل خمس سنوات. وفى عام ١٩٩٥ بلغ عدد المشتركين لاتصالات المتحركات حوالى ٣٠ مليونا بالولايات المتحدة، و ١٥ مليونا بأوروبا، و ٦ ملايين بآسيا. وفى عام ١٩٩٧ قارب العدد ٥٠ مليونا بالولايات المتحدة. ويبين الشكل (٦–١) الزيادة المطردة فى عدد المشتركين فى نظام الاتصالات الشخصية اللاسلكية منذ عام ١٩٨٥ حتى عام ١٩٩٩ فى الولايات المتحدة. ومن ذلك تبرز أهمية النظام الجديد-IMT) (2000 الذى يواكب الزيادة الأسية فى عدد المشتركين مع اتساع الخدمات وشموليتها.

---

(١) فى النظام اللاسلكى المشار إليه (Cordless) يكون للمشترك رقم تليفون فى الشبكة السلكية العامة، موصل على قاعدة ثابتة قد تكون داخل منزله أو مكتبه أو فى أى مكان ثابت فى الحى الذى يقطن به، ويستطيع المشترك أن يتحرك بسماعة التليفون بحرية داخل مسكنه أو خارجه، ولكن لمسافات محدودة، وإذا خرج عن نطاق قاعدته فقد الاتصال تماما.



شكل (٦-١) : الزيادة المطردة فى عدد المشتركين فى التليفون المحمول فى الولايات المتحدة الأمريكية فى الفترة من يونية ١٩٨٥ حتى يونية ١٩٩٩ [مرجع ٢٣]

(١) المشتركون بالملايين، (٢) لاحظ : الأشكال تبدأ فى يونية ١٩٨٥ وتنتهى فى يونية ١٩٩٩

النظام الخلوى للتليفونات المحمولة

يقدم التليفون الخلوى اتصالا لاسلكيا مع الشبكة العامة للاتصالات السلكية (PSTN) لأى مشترك أيا كان موقعه مادام يقع فى نطاق هذا النظام. ويتيح النظام الخلوى تقديم الخدمة لعدد كبير من المشتركين المنتشرين على مساحة جغرافية واسعة فى نطاق محدود من الترددات. كما أنه يقدم مستوى متميزا من الخدمة يمكن أن يصل إلى نفس مستوى التليفونات السلكية. وفى هذا النظام يتم تقسيم الدولة أو المساحة المراد تغطيتها إلى خلايا متلاصقة سداسية الشكل تشبه بيت النحل. وداخل كل خلية توجد محطة قاعدية (Base Station) أو أكثر للإرسال والاستقبال إلى ومن المتحركين داخل هذه الخلية.

وتنقسم النظم الخلوية طبقا لمساحة الخلية إلى نوعين أساسيين: النوع الأول خلاياه كبيرة (Macrocellular) حيث يتراوح قطر الخلية بين ٢–٢٠ كيلومترا، بينما تتراوح القوة الإشعاعية المنبعثة من المحطات القاعدية بين ٠,٦ – ١٠ وات. وتوضع هذه المحطات عادة على أسطح المبانى المرتفعة.

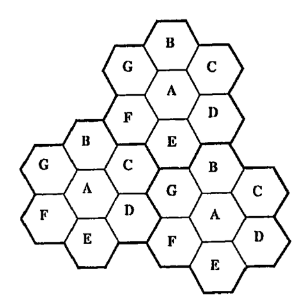
أما النوع الثانى فخلاياه صغيرة (Microcellular)، ويتراوح قطر الخلية بين ٠,٤ – ٢ كيلومتر. وتقل القوة الإشعاعية من المحطات القاعدية عن ٢٠ مللى وات، ويمكن أن توضع هذه المحطات على أعمدة الإنارة فى الشوارع.

هذا وتجرى الأبحاث حاليا على الخلايا التى لا تتجاوز مساحتها حدود الشقة السكنية، بحيث توجد داخل كل شقة محطتها القاعدية الخاصة بها. ويسمى هذا النوع من الخلايا «Picocell». ويلاحظ أنه كلما صغرت مساحة الخلية، انخفضت قوة الإشارات المتبادلة بين المحطة والمتحرك، فتصبح بذلك أقل خطرا على صحة الإنسان.

ومن أهم مميزات هذا النظام سعته الكبيرة، حيث تستخدم قنوات الراديو داخل الخلية عدة مرات فى خلايا أخرى (Reused Channels) تبعد عنها مسافات معينة حتى نمنع التداخل بين القنوات. كما أن الانتقال من خلية إلى أخرى يتم بنعومة فائقة، ولا يحتاج المتحدث إلى إنهاء المكالمة ليعيد طلب الرقم من جديد. ويبين الشكل (٦–٢) كيفية إعادة استخدام نفس الترددات، فالخلايا التى تحمل نفس الحرف تستخدم قنوات لها نفس الترددات.

وتتكون العناصر الأساسية للنظام الخلوى (انظر الشكل ٦–٣) من الأطراف المتحركة [سيارات (أو أشخاص) تحمل أجهزة الاتصال]، والمحطات القاعدية التى تمثلها الأبراج الموضحة بالشكل، وسنترال التحويل للتليفون المحمول [Mobile Telephone Switching Office (MTSO)]. وفى بعض الأحيان

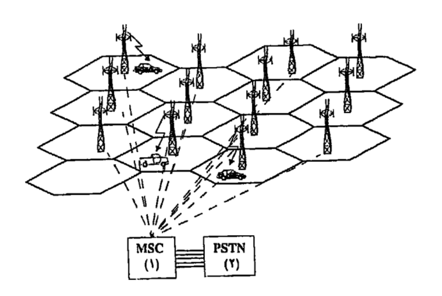
يضاف مركز يسمى مركز التحويل للمتحركات [Mobile Switching Center (MSC)]، وهو الذى يربط جميع أجهزة المتحركات بالشبكة العامة للتليفونات السلكية (PSTN).



شكل (٦-٢) : رسم يبين كيفية إعادة استخدام التردد فى النظام الخلوى [مرجع ٢٠]

[الخلايا التى تحمل نفس الحروف تستخدم قنوات لها نفس الترددات. ويبين الشكل أن كل مجموعة مكونة من ٧ خلايا يعاد استخدام تردداتها، ولكن فى داخل المجموعة الواحدة فإن كل خلية تستخدم ترددات تختلف عن الأخرى حتى لا يحدث تداخل بينها].

ويتكون الطرف المتحرك من جهاز إرسال واستقبال وهوائى ودوائر تحكم، ويمكن أن تحمله سيارة أو يحمله إنسان. أما المحطة القاعدية، فتحتوى على عدة أجهزة للإرسال والاستقبال التى تقوم بعمل اتصالات آنية فى الاتجاهين. ويوجد لكل محطة قاعدية برج يحمل عدة هوائيات للإرسال والاستقبال. وتقوم كل محطة بمهمة الربط سواء للاتصالات التى تجرى فيما بين المستخدمين داخل الخلية، أو للاتصالات بينهم وبين مركز التحويل (MSC). حيث يقوم مركز التحويل بتنسيق الاتصالات بين جميع المحطات



شكل (٦-٣) :العناصر الأساسية للنظام الخلوى [مرجع ٢٠]

(١) سنترال التليفون المحمول، (٢) الشبكة العامة للتليفونات السلكية

القاعدية، والربط بين النظام الخلوى ككل وبين الشبكة العامة للاتصالات التليفونية الأرضية أو السلكية. ويستطيع مركز التحويل الواحد أن يتعامل مع مائة ألف مشترك فى خدمة التليفون المحمول، كما يمكنه إجراء خمسة آلاف مكالمة تتم فى وقت واحد، بالإضافة إلى أنه يقوم بإعداد الفواتير اللازمة للمكالمات وإجراء عمليات الصيانة الدورية للنظام. وفى المدن الكبيرة يوجد أكثر من مركز للتحويل، تعمل جميعها على نفس التردد، حيث يتناسب عدد المراكز مع اتساع المساحة وعدد المشتركين. وعادة يتم الاتصال بين المحطة القاعدية والمتحركين داخل الخلية عبر أربع قنوات: الأولى عبارة عن قناة أمامية للصوت [Forward Voice Channel (FVC)] فى الاتجاه من المحطة إلى المتحرك، والثانية قناة عكسية للصوت [Reverse Voice Channel (RVC)] فى الاتجاه من المتحرك إلى المحطة. أما القناتان الأخريان فوظيفتهما التحكم، بحيث تكون إحداهما فى الاتجاه الأمامى [Forward Control Channel (FCC)]،

والأخرى فى الاتجـاه العكسى[Reverse Control Channel (RCC)]. وقناتا التـحكم تقومـان باسـتقبال وإرسـال البيـانات عن المكالمات المطلوبة، بالإضـافة إلى إتمام الوصلات اللازمـة لإجراء المكالمة. وزمن استـخدام هاتين القناتين يقل كثـيرا عن مثيلـه فى القنوات الصوتية. ولذلك فعـدد قنوات التحكم يمثل ٥٪ من العدد الكلى للقنوات، بينما ٩٥٪ من القنوات تكون مخصصة للصوت والبيانات.

كيف تتم المكالمة للتليفون المحمول ؟

حينما يـدير المشترك مفتـاح التشغيل للتليـفون المحمول، يصـبح الجهاز معدا لاستقبال أو طلب مكالمة. وفى البداية يقوم الجهاز بمسح لقنوات التحكم الأمامية حـيث يختار أقواها، ويظل يراقب هذه القناة حتى إذا ضـعفت قوتها عن قيمـة معينة يعيد جـهاز المحمول مسح قنوات التـحكم للبحث عن المحطة القاعدية ذات الإشارة الأقوى. وعند استقـبال مكالمة على المحمول، فإن مركز التحويل يقوم بإرسال الطلب إلى جميع المحطات القاعدية فى النظام الخلوى، حيث يتم إرسال رقم المـشترك المطلوب إلى جميع قنوات الـتحكم فى الاتجاه الأمامى. ويستقـبل جهاز المحمول الرسالة من المحطة القـاعدية التى يكون قد اختـارها من قبل، ويستجـيب بتعريف نفـسه خلال قناة التـحكم فى الاتجاه العكسى إلى المحطة القاعـدية. بعد ذلك ترسل المحطة القاعـدية بدورها إشارة إلى مركز التحويل الذى يطلب من المحطة القـاعدية المعنية تحديد قناة صوتية غير مستعملة للمكالمة القـادمة. فى هذه اللحظة تقوم المحطة القاعدية بإرسال إشارة للمحمول لاختيار قناة صوتية فى الاتجاه الأمامى، وأخرى فى الاتجاه العكسى ـ اللـتين تم تحـديدهمـا من قِـبَل المحطة ـ وبعـد ذلك ترسل إشـارة الرنين للمحمول خلال القناة الصوتية الأمامية، ومن ثم تبدأ المكالمة.

وخلال إجـراء المكالمة يقوم مركز التـحويل بضبط قـوة الإشارة المرسلة

من جهاز المحمول، كما يقوم بتغيير قنوات الاتصال والمحطة القاعدية طبقا لحركة الجهاز حتى يحافظ على مستوى أداء مقبول.

كل ما ذكرناه آنفا من خطوات يتم أوتوماتيكيا ولا يشعر به المشترك. ويطلق على عملية الانتقال من خلية إلى أخرى دون الحاجة إلى إنهاء المكالمة وإعادة الطلب من جديد، اسم «اليد المرفوعة» [Hand off or Handover (HO)]، أى تظل المكالمة مستمرة مهما انتقل المشترك من نطاق خلية إلى نطاق خلية أخرى.

والآن دعنا نستعرض الحالة التى يطلب فيها المحمول المكالمة، حيث يرسل طلب المكالمة عبر قناة التحكم العكسية، وخلال ذلك يتم إرسال رقم الطالب (أوتوماتيكيا) والمطلوب (يدويا). وتقوم المحطة القاعدية باستقبال الإشارات وإرسالها إلى مركز التحويل، الذى يقوم بدوره بعمل الوصلات اللازمة خلال الشبكة العامة للتليفونات السلكية (PSTN) (إذا كان المشترك المطلوب يتبعها). وفى الوقت نفسه يقوم مركز التحويل بإرسال تعليماته إلى المحطة القاعدية (التى يتبعها المحمول)، ومن ثم إلى جهاز المحمول، لاختيار زوج من القنوات الصوتية فى الاتجاهين الأمامى والعكسى مما يسمح للمكالمة بأن تبدأ.

وهناك خدمة أخرى مهمة يقدمها النظام الخلوى، تسمى خدمة التجوال (Roaming). وتسمح هذه الخدمة للمشترك بأن يستخدم جهازه فى أى مكان خارج مدينته التى يقطن بها، أو حتى خارج وطنه إذا سافر إلى دولة أخرى. وحينما يدخل المشترك جغرافيا فى نطاق مدينة أو دولة أخرى، فإنه يُسجل كمتجول فى المنطقة الجديدة. ويتم ذلك عن طريق ربط التليفون المحمول بقنوات التحكم الأمامية (FCC). وتقوم مراكز التحويل، كل عدة دقائق، بإرسال أمر خلال جميع مجموعات قنوات التحكم الأمامية إلى التليفونات المحمولة غير المسجلة لتسجيل أرقامها خلال قنوات التحكم العكسية (RCC)، حيث

يقوم مركز التحويل بمعرفة حساب المشترك المتجول المسجل بموطنه الأصلى[Home Location Register (HLR)]. وبعد ذلك يسمح للمشترك المتجول باستقبال وإرسال المكالمات، وترسل الحسابات أوتوماتيكيا إلى مقر المشترك الأصلى.

النظام الكونى (الشامل) لاتصالات المحمول (GSM)

يمثل هذا النظام الجيل الثانى من النظم الخلوية، كما أنه يعتبر النظام الأول فى العالم الذى بدأ فيه تطبيق التضمين الرقمى (Digital Modulation) والبناء الهرمى للشبكة والخدمات. وقبل تطبيق هذا النظام كانت كل دولة أوروبية تستخدم نظاما خلويا مختلفا، مما حرم المشترك من ميزة استعمال جهازه خارج دولته التى يقيم بها. ولقد تجاوز نجاح هذا النظام كل التوقعات، وانتشر خارج أوروبا إلى دول أمريكا الجنوبية وآسيا وأستراليا والدول العربية بما فيها جمهورية مصر العربية. ومن المتوقع أن يصل عدد المشتركين فى هذا النظام إلى أكثر من خمسين مليون مشترك فى جميع أنحاء العالم. وفى البداية كان النظام يعمل فى نطاق ترددى حول ٩٠٠ ميجاهيرتز، ولكن الأنواع المتطورة منه تعمل فى نطاق من ١,٨-٢ جيجاهيرتز.

وتنقسم الخدمات التى يؤديها نظام GSM إلى المكالمات التليفونية فى الاتجاهين، بالإضافة إلى خدمات الفاكس والتليتكس والفيديوتكس (نظام المعلومات المرئى). كما يمكن إرسال واستقبال بيانات بمعدل يتراوح بين ٣٠٠ بت / ثانية و ٩,٦٠ كيلوبت/ ثانية. وهناك بعض الخدمات الإضافية التى يمكن أن يقدمها نظام GSM مثل خدمة الرسائل القصيرة [Short Messaging Service (SMS)] حيث يسمح للمشتركين والمحطات القاعدية بإرسال صفحات أبجدية عددية محدودة الطول. كما يسمح أيضا بإرسال رسائل إذاعية قصيرة إلى

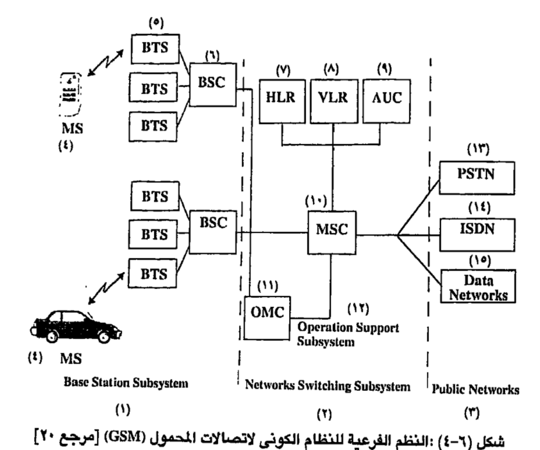
جميع المشتركين عن الاحوال الجوية مثلا.

ومن الخصائص المهمة لنظام GSM، وجود وحدة تعريف أو تمييز المشترك [Subscriber Identity Module (SIM)]. وهذه الوحدة عبارة عن جهاز للذاكرة يقوم بتخزين المعلومات مثل رقم تعريف المشترك والشبكات، وأسماء الدول التى يستطيع أن يتصل المشترك من خلالها، كما يضم أيضا مفاتيح الشفرة الخصوصية. وعادة ما تكون وحدة التعريف بالمشترك فى صورة بطاقة صغيرة يتم إدخالها فى التليفون المحمول. وبدون هذه البطاقة تصبح جميع التليفونات المحمولة متشابهة وغير فعالة. ويستطيع المشترك أن يدخل البطاقة الخاصة به فى أى تليفون محمول فى أى مكان فى العالم يستخدم نظام GSM، وبذلك يمكنه أن يستقبل ويرسل مكالمات تضاف قيمتها على فاتورته ببلده الأصلى.

والخاصية الثانية المهمة فى هذا النظام هى خصوصية الاتصالات، حيث يوجد لكل مشترك شفرة خاصة به تتغير تلقائيا مع الزمن مما يجعل من التنصت على المكالمات أمرا صعبا للغاية.

أساس بناء النظام الكونى (الشامل) لاتصالات المحمول GSM:

يتكون هذا النظام من ثلاثة نظم فرعية تتفاعل فيما بينها، وبينها وبين المشتركين، خلال شبكات ربط محددة. والنظم الفرعية الثلاثة هى: النظام الفرعى للمحطات القاعدية [Base Station Subsystem (BSS)]، والنظام الفرعى للشبكة والتحويل [Network and Switching Subsystem (NSS)]، والنظام الفرعى لدعم التشغيل [Operation Support Subsystem (OSS)] . ويمكن اعتبار الجهاز المحمول نظاما فرعيا آخر، ولكنه عادة ما يدمج فى النظام الفرعى للمحطات القاعدية. ويوضح الشكل (٦-٤) النظم الفرعية الأساسية التى يتكون منها نظام GSM. وتتصل الأطراف المحمولة عبر قنوات الراديو بالمحطات القاعدية للإرسال والاستقبال [Base Transceiver Stations (BTSs)].



شكل (٦-٤) :النظم الفرعية للنظام الكونى لاتصالات المحمول (GSM) [مرجع ٢٠]

(١) النظام الفرعى للمحطات القاعدية، (٢) النظام الفرعى لشبكة التحويل، (٣) الشبكات العامة، (٤) التليفون المحمول، (٥) المحطات القاعدية للإرسال والاستقبال، (٦) محطة قاعدية للتحكم، (٧) مسجل بيانات المشترك فى موطنه، (٨) مسجل بيانات الزائر، (٩) مركز التحقق من البيانات، (١٠) مركز التحويل للتليفون المحمول (أو سنترال التليفون المحمول)، (١١) مركز لصيانة التشغيل، (١٢) النظام الفرعى لدعم التشغيل، (١٣) الشبكة العامة للتليفونات السلكية، (١٤) الشبكة الرقمية للخدمات المتكاملة، (١٥) شبكة المعلومات أو البيانات.

وكل مجموعة من هذه المحطات تتصل بدورها بمحطة قاعدية للتحكم [Base Station Controllers (BSCs)] التى يمكن أن تشغل نفس موقع إحدى محطات الـ BTS، على أن ترتبط بباقى المحطات بواسطة وصلات الميكروويف أو من خلال خطوط خاصة مؤجرة (Leased Lines). وكما سبق أن ذكرنا، فإن الانتقال من النطاق الجغرافى لمحطة قاعدية إلى أخرى مع استمرار المكالمة يسمى «اليد المرفوعة»، وهو يتم من خلال المحطة القاعدية للتحكم إذا كانت الخليتان

تتبعانها، وذلك لتخفيف عبء التحويل على مركز التحويل للمحمول (MSC).

ويقـوم النظام الفـرعى للشبـكة والتحـويل (NSS) بالربط بين الشـبكات الخارجية والمحطات القـاعدية للتحكم. ومركز التحويـل للمحمول هو قلب هذا النظام، ويقـوم بالتحكم فى حـركة الاتصـالات بين جمـيع المحطات القاعـدية للتحكم. وفى هذا النظام الفرعى يوجد ثلاثة مسجلات للبيانات الأساسية:

● أولها «مسجل بيانات المشـترك» فى محل إقامته الأصلى [Home Location Register (HLR)]، مثل عنـوانه والمدينة التى يقيم بهـا ومركـز التحويل الـتابع له. ويوجد لكل مشترك فى نظام GSM رقم وحيد يميزه عن غيره من المشتركين فى النظـام فى أى مكان آخـر فى العـالم [International Mobile Subscriber Identity (IMSI)].

● وثانيـها «مـسجـل بيـانـات الزائر» [Visitor Location Register (VLR)]، الذى يقوم بالتسجيل المؤقت للرقم IMSI، كما يسجل جمـيع بيانات المشتركين القادمين من مناطق أو دول أخرى، أو الذين يتبعـون مراكز تحويل تختلف عن المركز القـادمين إليه. ويقـوم مسـجل بيانات الزائر بالربط بين جـميع مـراكز التحـويل للحصول على بـيانات كل مشـترك زائر. فبـمجرد أن يتم تسـجيل المشترك الزائر أو المتجول، يقوم مركـز التحويل ـ الذى أصبح المشترك الزائر تابعا لـه جغرافـيا ـ بإرسـال جميع البـيانات الخـاصة بالمشتـرك الزائر إلى المسجل بمـقره الأصلى (HLR)، وعلى إثر ذلك يتم تحـويل مسـارات المكالمات لهذا المشترك فى الاتجاهين إلى مقره الجديد.

● أما المسجل الثالـث لقاعدة البيانات فهو «مـركز التحـقـق» [Authentication Center (AUC)]، وهو يضم جمـيع مفاتيح الشفـرة لكل مشترك مـسجل فى HLR و VLR، ولذلك تكون بيانات هذا المركـز تحت حماية قوية. ويحتـوى مركز التحـقق على مسجل يـسمى «مسـجل تعريف أو تمييـز المعدات» [Equipment

[Identity Register (EIR)]، ومهمته هى التعرف على أجهزة التليفونات المحمولة المسروقة، التى يحاول سارقوها إرسال بيانات تعريفية تختلف عن تلك المسجلة بـ HLR أو VLR.

أما النظام الفرعى لدعم التشغيل (OSS) فإنه يخدم عادة مركزا أو عدة مراكز الصيانة [Operation Maintenance Centers (OMC)]، حيث تقوم هذه المراكز بالمراقبة والمحافظة على أداء كل من التليفون المحمول والمحطة القاعدية ومحطة التحكم القاعدية ومركز التحويل. والوظائف الأساسية للنظام الفرعى لدعم التشغيل هى:

(١) صيانة جميع دوائر شبكات الاتصال والمحافظة على تشغيلها.
(٢) متابعة خطوات إعداد حسابات المشتركين.
(٣) متابعة جميع المعدات المتحركة فى النظام.

ويستخدم نظام GSM نطاقين للتردد، يبلغ اتساع كل منهما ٢٥ ميجاهيرتز :

□ النطاق ٨٩٠-٩١٥ ميجاهيرتز: يستخدم فى الاتصال من المشترك إلى المحطة القاعدية، أى فى الوصلة العكسية (Reverse Link).

□ النطاق ٩٣٥-٩٦٠ ميجاهيرتز: يستخدم فى الاتصال من المحطة القاعدية إلى المشترك، أى فى الوصلة الأمامية (Forward Link).

ويقسم كل من النطاقين الأمامى والخلفى إلى قنوات يبلغ اتساع كل منها ٢٠٠ كيلوهيرتز، وتسمى «الأرقام المطلقة لتردد قناة الراديو» [Absolute Radio Frequency Channel Numbers (ARFCNs)]. وهذه الأرقام تحدد الزوج المكون من القناتين الأمامية والعكسية اللتين تبعدان عن بعضهما البعض بتردد مقداره ٤٥ ميجاهيرتز. وكل قناة يستخدمها ثمانية مشتركين بطريقة المشاركة الزمنية، باستخدام أسلوب «النَّيْل المتعدد مقسم الزمن» [Time Division Multiple Access (TDMA)].

وكما أسلفنا، فهناك نطاقان للتردد فى نظام (GSM): أولهما القديم ويعمل فى النطاق من ٨٠٠–١٥٠٠ ميـجاهيرتـز. وثانيهمـا، وهو المتطور والأحدث، ويعمل فى نطاق حـول ٢ جيجـاهيرتز ليواكب الزيادة المطردة والسـريعة فى حركة اتصالات المحمول.

الفصل السابع

الاتصالات عبر الإنترنت

يقصد بكلمة إنترنت (Internet) الشبكة المتداخلة أو المتشعبة، لأنها تربط بين آلاف الشبكات وتغطى جميع أنحاء العالم. ويتم الاتصال عبر هذه الشبكة عن طريق الحاسبات الشخصية فى أى مكان سواء فى المنازل أو المدارس أو الجامعات أو المصانع أو الشركات، ومن جانب كل من يريد الاشتراك فيها. وقد تجاوز عدد المشتركين فى هذه الشبكة ١٠٠ مليون مشترك عام ١٩٩٨ فى جميع أنحاء العالم. ومن المتوقع أن يتجاوز العدد ٣٢٠ مليونا عام ٢٠٠٢.

نبذة تاريخية :

ترجع جذور شبكة الإنترنت إلى مشروع بحثى مولته وكالة مشروعات الأبحاث المتقدمة «أربا»، التابعة لوزارة الدفاع الأمريكية، وأطلقت عليه اسم «أربانت» (ARPANET). وتم أول لقاء لمجموعة العمل بهذا المشروع فى معهد ستانفورد للأبحاث فى أكتوبر ١٩٦٨. وكان الهدف الأساسى لهذا المشروع هو بناء شبكة تستطيع أن تحمل المعلومات العسكرية والحكومية فى حالات الطوارئ القصوى، مثلا عند وجود تهديد نووى. وكانت الفكرة من وراء هذه

الشبكة هى الربط بين حاسبين أو أكثر، مع افتراض أن سقوط جزء من الشبكة لأسباب عسكرية أو غيرها لن يؤثر على سلامة الشبكة ككل. وهذا يعنى أن التحكم فى تشغيل الشبكة يجب ألا يكون مركزيا. وتمثّل الحل فى إيجاد مراسم (أو بروتوكولات) مناسبة تعرف باسم مراسم الإنترنت [Internet Protocol (IP)] . وكلمة مراسم تعنى طريقة ثابتة تتكون من عدة قواعد لتنظيم الاتصالات بين الحاسبات.

وحدث أول ربط بين حاسبين فى نوفمبر ١٩٦٩. وكان الحاسب الأول يقع بمدينة لوس أنجليس، والثانى بمعهد ستانفورد للأبحاث داخل مدينة منلو بارك. وكلتا المدينتين تقعان فى نفس الولاية، وهى ولاية كاليفورنيا الأمريكية. وفى ديسمبر ١٩٦٩ اتسعت الشبكة لتربط بين أربعة حاسبات، تضم بالإضافة للحاسبين السابقين، حاسبا ثالثا بمدينة سانتا بربارا، ورابعا بجامعة يوتاه.

وفى منتصف السبعينيات أصبح من الواضح أن شبكة واحدة لن تستطيع أن تلبى احتياجات كل فرد. لذلك رأى الباحثون أنه من الضرورى تطوير التكنولوجيا التى تستطيع الربط بين الأنواع المختلفة من الشبكات حتى يمكن دمجها فى نظام واحد.

وفى منتصف الثمانينيات اقتحمت المؤسسة القومية للعلوم بالولايات المتحدة (NSF) الميدان. إذ أنشأت هذه المؤسسة خمسة مراكز لحاسبات عملاقة (Super Computers) حول الولايات المتحدة، وذلك لخدمة الباحثين فى جميع الجامعات والكليات هناك. وبعد ذلك أقامت المؤسسة أكثر من شبكة للربط بين المدارس فى كل منطقة وبين مراكز الحاسبات العملاقة عن طريق وصلة واحدة.

وعلى الرغم من أن الهدف الأساسى للشبكة كان للاتصالات المدرسية والجامعية التى تخدم العملية البحثية والتعليمية، فإنها اتسعت كثيرا وبخطى سريعة لتشمل أى مستخدم، ولأى غرض تجارى أو إعلامى أو اقتصادى.. الخ.

كما أنه يجرى تحديث وتوسيع نطاق الشبكة باستمرار، حيث لم تعد مقصورة على الولايات المتحدة وإنما امتدت لتشمل جميع أنحاء العالم.

مما تقدم يتضح أن الإنترنت ليست شبكة واحدة ولكنها آلاف الشبكات التى تغطى الكرة الأرضية بأسرها. ولتبسيط الأمر، يمكننا أن نشبه الإنترنت بنظامى البريد والتليفون. فكل من النظامين الأخيرين يتكون من أجزاء صغيرة (مكاتب بريد كثيرة أو سنترالات متعددة) ترتبط فيما بينها لتكوِّن فى النهاية منظومة دولية كبيرة. وهكذا الحال فى شبكة الإنترنت، ولكن الميزة الكبرى لها أنها أكثر سرعة ومرونة فى الاستخدام.

ويجب ألا يفهم من هذا أن الإنترنت مجرد شبكة أو مجموعة من شبكات الحاسبات، وإنما هى بالأحرى مصدر هائل للمعلومات. وتلعب الحاسبات هنا دور الوسيط لنقل هذه المعلومات. وتعد الإنترنت مكتبة عالمية شاملة، كما أنها تستخدم فى تبادل الرسائل بين الناس فيما يعرف بالبريد الإلكترونى.

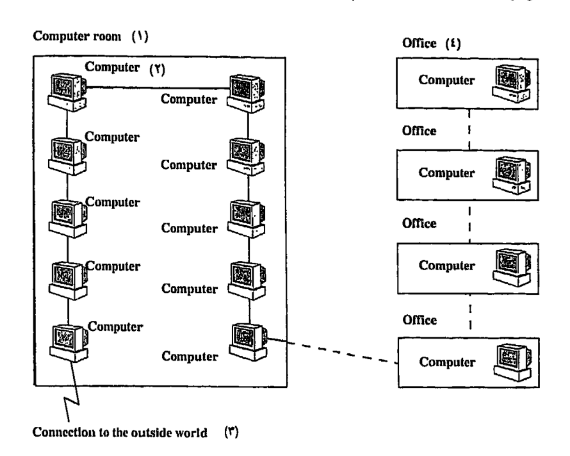
وفى الفقرة التالية سنعرض لعناصر الإنترنت الأساسية، ثم ننتقل بعد ذلك إلى أهم تطبيقين لها، وهما البريد الإلكترونى والشبكة العنكبوتية.

عناصر الإنترنت الأساسية :

أهم عناصر الإنترنت هى الشبكة المحلية [Local Area Network (LAN)]، وشبكة المنطقة الواسعة [Wide Area Network (WAN)]، والحاسب العميل (Client)، والحاسب الخادم (Server)، والحاسب المضيف (Host)، والنهاية الطرفية (Terminal). هذا بالإضافة إلى المراسم أو البروتوكولات التى تنظم عمل الإنترنت (TCP/IP).

وتتكون الشبكة المحلية (LAN) من مجموعة من الحاسبات تتصل ببعضها البعض اتصالا مباشرا. وعلى سبيل المثال قد تكون هذه الحاسبات داخل أحد

المعامل المدرسية أو الجامعية، وتتصل بها بعض الحاسبات فى المكاتب المجاورة أو القريبة داخل نفس المبنى، كما هو موضح بالشكل (٧-١). فإذا كنا نتحدث عن جامعة مثلا، فإن كل قسم فيها يمكن أن تكون له شبكته المحلية الخاصة به.

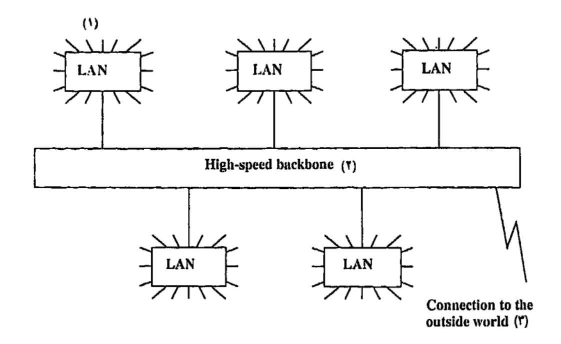


شكل (٧-١) : الشبكة المحلية [مرجع ٨].

(١) حجرة الحاسب، (٢) حاسب، (٣) الربط بالعالم الخارجى، (٤) مكتب

وبربط هذه الشبكات ببعضها نحصل على شبكة المساحة أو المنطقة الواسعة (WAN) التى تغطى جميع أقسام وكليات الجامعة. وترتبط بين الشبكات المحلية وصلة عالية السرعة مثل كابلات الألياف الضوئية، وتسمى هذه الوصلة العمود الفقرى (Back bone) كما هو مبين بالشكل (٧-٢).

والحاسب العميل (Client) عبارة عن محطة عمل (Work Station) تضم



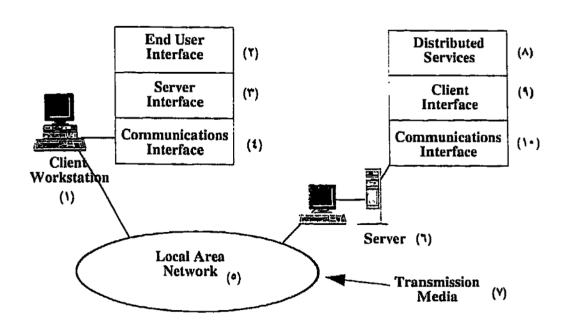
شكل (٧-٢) : شبكة المنطقة الواسعة [مرجع ٨]

(١) شبكة المنطقة المحلية، (٢) العمود الفقرى السريع، (٣) الربط بالعالم الخارجى

مجموعة من البرامج التى تقـوم بالعديد من الوظائف، منها الربط بين المستخدم والحـاسب الخادم، وتحليل المعلومـات التى يتم اسـتقـبالهـا، وتجهـيزها ليـتم عرضـها على المستخدم.

أما الحاسب الخادم (Server) فهو مـاكينة سلبية تضـم البـرامج التى تحمل المعلومات أو المصادر التى يحتـاجها المستخدم. والحاسب الخادم يسـتجيب فقط للطلبـات التى تأتيه من الحـاسب العمـيل. والشكل (٧-٣) يبين مكونات شـبكة تضـم كلا الحاسبين: العميل والخادم.

والحـاسب المضـيف (Host) هو كل حـاسب مـوصل بالإنتـرنت ويمكن أن

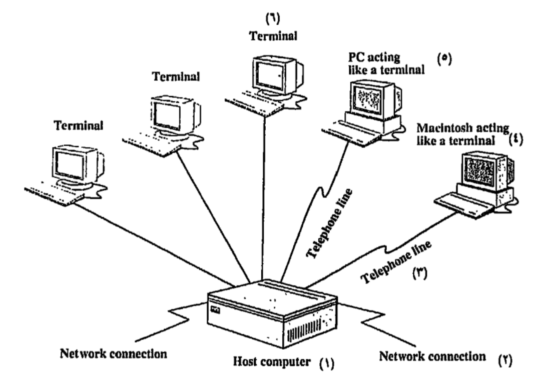


شكل (٧-٣) : مكونات شبكة الحاسبين العميل والخادم [مرجع ١]

(١) محطة عمل الحاسب العميل، (٢) وصلة بينية للمستخدم النهائى، (٣) وصلة بينية للحاسب الخادم، (٤) وصلة بينية للاتصالات، (٥) شبكة المنطقة المحلية، (٦) الحاسب الخادم، (٧) وسائط الإرسال، (٨) الخدمات الموزعة، (٩) وصلة بينية للحاسب العميل، (١٠) وصلة بينية للاتصالات

يتصل به عدد من المستخدمين، كما هو موضح بالشكل (٧-٤). ويسمى الحاسب المضيف أيضا «عقدة» (Node) لأنه يمثل عقدة أو نقطة فى الشبكة. والوصلات بين العقد تسمى خطوطا. وعلى سبيل المثال يمكن أن تخبر شخصا أن المعلومات التى يريدها موجودة فى حاسب مضيف بسويسرا وعليه أن يتصل به.

أما الحاسبات الطرفية (Terminals) فهى الحاسبات التى يجلس إليها المستخدمون للاتصال بالشبكة. وقد تكون حاسبا شخصيا (PC) أو مجرد شاشة ولوحة مفاتيح، وربما تضم الجوّال، ويسمى فى بعض الأحيان «الفأرة» (Mouse). وعادة ما تتصل هذه الحاسبات الطرفية بالحاسب المضيف بنظام المشاركة فى



شكل (٧-٤) : الحاسب المضيف فى نظام المشاركة الزمنية [مرجع ٨]

(١) الحاسب المضيف، (٢) ربط للشبكة، (٣) خط تليفون، (٤) حاسب ماكنتوش يعمل كنهاية طرفية، (٥) حاسب شخصى يعمل كنهاية طرفية، (٦) نهاية طرفية

الزمن (Time-Sharing System).

وأخيرا فإن المراسم أو البروتوكولات (TCP/IP) تضم مجموعة تزيد على مائة مرسوم تستخدم للربط بين الحاسبات والشبكات المختلفة. والمرسوم هو مجموعة من القواعد التى تبين كيفية تنفيذ عمل معين. فمثلا هناك مرسوم يصف بدقة الصيغ التى يجب أن يستعملها المستخدم عند إرسال رسالة. وجميع برامج الإنترنت البريدية يجب أن تتبع هذا المرسوم عند إعداد الرسالة للتسليم. والاختصار (TCP) (Transmission Control Protocol) يعنى مراسم التحكم فى الإرسال، أما «IP» (Internet Protocol) فيعنى مراسم الإنترنت. وتقوم

المراسم IP بإرسال المعلومات من مكان إلى آخر، أما المراسم TCP فإنها تتحقق من أنه لا توجد أخطاء فى الإرسال.

وتجدر الإشارة إلى أن المعلومات لا تنتقل عبر الإنترنت من حاسب مضيف إلى آخر فى تدفق متصل، ولكن المعلومات تقسم إلى أجزاء صغيرة تسمى كل منها حزمة (Packet). وعلى سبيل المثال، فإنك إذا أرسلت رسالة إلى صديق داخل البلاد أو فى الخارج، فإن مراسم الـ TCP تقوم بتقسيم الرسالة إلى عدد من الحزم. وكل حزمة تميز برقم معين بالإضافة إلى عنوان المرسل والمرسل إليه. وعلاوة على ذلك، فإن الـ TCP تُدخل بعض المعلومات الإضافية للتحكم فى الخطأ، وترسل هذه الحزم بعد ذلك باستخدام مراسم الـ IP.

وعلى الطرف الآخر تقوم مراسم الـ TCP باستقبال الحزم ومراجعتها، فإذا كان هناك خطأ فى حزمة ما فإن الـ TCP تطلب إعادة إرسالها. وبمجرد التحقق من صحة جميع الحزم، فإن الـ TCP تقوم بتجميع الحزم وإعادة الرسالة إلى صورتها الأولى.

مجمل القول أن الـ IP تقوم بنقل الحزم من مكان إلى آخر، بينما تقوم الـ TCP بالإشراف على عملية النقل والتحقق من صحة المعلومات.

والجدير بالذكر أن تقسيم المعلومات إلى حزم له فوائد جمة. أولا أنه يسمح للإنترنت بأن تستخدم نفس خطوط الاتصال لعدة مستخدمين فى وقت واحد. وثانيا أن مجموعة الحزم التى تمثل رسالة واحدة يمكن أن تسلك طرقا مختلفة، وهذا من شأنه أن يعطى مرونة للإنترنت فى استخدام الطرق البديلة التى تحمل كثافة مرورية أقل. كما أنه عند حدوث عطل فى إحدى الوصلات، فإن الحاسبات الموجهة (Routers) لانسياب المعلومات يمكنها بذلك أن تجد طريقا بديلا. وثالثا أنه عند حدوث خطأ فى إحدى الحزم، فإنه يعاد إرسال هذه الحزمة فقط دون حاجة لإعادة الرسالة كلها، مما يزيد من سرعة الإنترنت ويخفف من الضغط على الخطوط.

وقد أصبح من الممكن الآن إرســـال ملف كامل (File) من حاسب مضيف إلى آخر فى ثوان مــعدودة، مــهما بعــدت المسافات بينــهما، رغم مــرور الحزم الخاصة بهذا الملف خلال عدد كبير من الحاسبات.

البريد الإلكترونى [Electronic Mail or e-mail]:

يستطيع مستخدم الإنترنت أن يرســل الرسائل ويستقبلها من أى شخص آخـر يســتخـدم هذه الشـبكة. وليس المقـصـود بالبريـد هنا مجـرد الرسـائل الشخصية، ولكنه يتعـدى ذلك إلى كل ما يمكن تخزينه فى ملفات (على أقراص الحاســب مثــلا). وقد تشـتمل هذه الملفــات على صـور أو برامج للحــاسب، أو إعلانات، أو مجلات إلكترونية يستطيع قراءتها المشتركون فيها. وحينما يتحدث المشتـركون فى الإنتــرنت عن البريد، فــإنهم يقصــدون البريد الإلكتــرونى. أما البريد التقليـدى فيطلق عليه «Snail Mail»، أى أنه بطىء مثل حــيوانات القواقع البطيئة الزاحفة.

ويوجــد لكل مــشتــرك فى الإنتــرنت عنوان. ويتكون العنوان من جــزءين يفصل بينهما الحرف at (أى «عند») ويكتب بالصورة @. ويحمل الجزء الأيسر اسم المشتــرك. أما الجزء الأيمـن فيســمى المجال (Domain) ويحتــوى على اسم الدولة، واسم الشــبـكة داخل الدولة، واسم الحــاسب المضـيـف الذى يتــبـعـه المشترك. وعلى سبيل المثال نفترض أن العنوان هو:

ahmad@alpha1 - eng.cairo.eun.eg

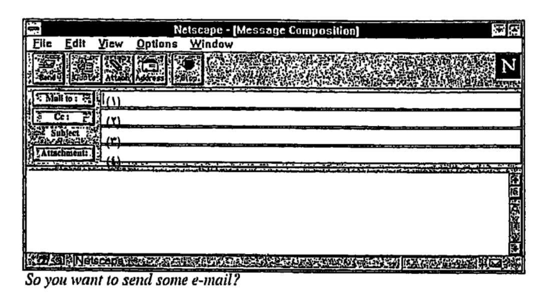
ومعنى هذا العنوان أن هناك مــشتركا اســمه أحمد، يســتطيع الاتصال من خلال حاسب مضــيف بكلية الهندسة جامعــة القاهرة اسمه alpha1 - eng.cairo. وهذا الحاسب المضيف يمثل عقدة (node) فى شبكة الجامعات المصرية واسمها eun. وتقع هذه الشبكة داخل مصر، أى فى eg (وهى اختصار لكلمة EGYPT).

ويلاحظ أن حاسبات الإنترنت تقرأ العنوان من اليمين إلى اليسار، أى تبدأ بالدولة.. وهكذا تباعا حتى تصل إلى اسم المشترك أو المستخدم فى نهاية المطاف. وعند الاشتراك فى الإنترنت، فإن المشرف على الشبكة يعطى لكل مستخدم اسما خاصا به يختلف عن أسماء غيره من المشتركين. أى إذا اشترك شخصان فى نفس الاسم، فإنه يضيف إلى اسم كل منهما الحرف الأول من اسم والده مثلا. أما الجزء الأيمن من العنوان فيمكن أن يشترك فيه عدد كبير من المستخدمين. ففى المثال السابق يمكن أن يشترك جميع أعضاء هيئة التدريس والطلبة فى نفس الحاسب المضيف، ومع ذلك يكون لكل مشترك منهم اسم لا يشاركه فيه مشترك آخر.

وكما ذكرنا، فإن لكل دولة اسما مختصرا لا يزيد على حرفين. فالكويت مثلا ku، والسعودية sa.. وهكذا. ومع ذلك ففى الولايات المتحدة الأمريكية لا تنتهى أغلب العناوين باسم الدولة، ولكن باسم النشاط الذى تمارسه هيئات أو مؤسسات يربط بينها نفس النشاط. وعلى سبيل المثال، فإن جميع المشتركين فى المعاهد والجامعات تنتهى عناوينهم بالمقطع edu. (وهو اختصار لكلمة education أى «تعليم»). وبالنسبة للمشتغلين فى المؤسسات والشركات التجارية تنتهى عناوينهم بـ com. (وهو اختصار لكلمة commercial أى «تجارى»).. وهكذا.

وحينما نتحدث عن البريد، فلابد أن نعرف كيف نرسل ونستقبل الرسائل عبر الإنترنت. وعند إرسال رسالة بالبريد الإلكترونى فلابد أن نعرف عنوان المرسل إليه. والخطوة الأولى تبدأ بدخول المشترك إلى الشبكة وكتابة كلمة السر (Password) الخاصة به. وفى الخطوة الثانية يقوم المشترك بتحميل برنامج البريد. وهناك عدة برامج للبريد، أبسطها هو برنامج pine الذى يستخدمه المبتدئون. وهناك برنامج آخر أقوى يسمى elm. ومن لديهم برامج «الويندوز» (Windows) فى أجهزتهم الشخصية، يستطيعون استخدام برنامج

البريد الخاص بالويندوز مثل Netscape، وغير ذلك من برامج بريدية تعتمد بالدرجة الأولى على نوع الحساب الذى يستعمله المشترك. وبعد هذا التحميل مباشرة تظهر ثلاثة أسطر، يقوم المشترك بملئها طبقا للكلمة الموجَّهة المكتوبة فى أول كل سطر. وفى بعض البرامج تظهر أربعة أسطر كما هو مبين بالشكل (٧-٥). وفى السطر الأول، بعد كلمة To - أى «إلى» - يكتب عنوان المرسل إليه. وفى السطر الثانى CC (Send Copy to) - أى «أرسل نسخة إلى» - يكتب المشترك عنوان الشخص أو الأشخاص الذين يريد إرسال نفس الرسالة إليهم، ويمكن أن يترك هذا السطر خاليا إذا لم يكن هناك شخص آخر يراد مراسلته.



So you want to send some e-mail?

شكل (٧-٥) : الصفحة التى تظهر عندما نبدأ فى إرسال رسالة بالبريد الإلكترونى [مرجع ٧]

(١) أرسل إلى، (٢) أرسل نسخة إلى، (٣) الموضوع، (٤) المرفقات

وفى السطر الثالث، يكتب أمام كلمة Subject - أى «الموضوع» - عنوان الرسالة أو الهدف منها. والسطر الأخير بعنوان Attachment - أى «المرفقات» - وقد يكون المرفق هذا ملفا مخزونا على قرص. ويكتب المشترك عنوان الملف فى هذا السطر، أو لا يكتب إذا لم تكن هناك مرفقات. وجدير بالذكر أن أغلب المجلات العلمية العالمية تطلب من الباحثين إرسال أبحاثهم عن طريق البريد الإلكترونى،

ويكون المرفق فى هذه الحالة هو البحث ذاته، وعنوان الملف هو عنوان البحث. وبعد كتابة هذه السطور القليلة، يبدأ المشترك فى كتابة رسالته بشكل عادى. وبعد الانتهاء من الكتابة، يعطى المشترك الأمر بإرسال الرسالة طبقا للبرنامج الذى يستخدمه، فيتم الإرسال فى الحال.

وعند استقبالك للرسائل على الطرف الآخر، فإن جميع الرسائل الواردة إليك يتم تخزينها فى صندوق بريد إلكترونى (Electronic Mail Box)، باسمك فى الحاسب المضيف الذى تتبعه. وبمجرد دخولك إلى شبكة الإنترنت، فإنك ستجد عند استخدام برنامج pine مثلا عبارة «You have new mail» – أى أن لديك بريدا جديدا يمكنك قراءته وطبعه أو تخزينه أو حذفه حسب أهمية الرسالة. وإذا لم تكن لديك رسالة جديدة ولكن هناك رسائل سابقة مخزونة، ستجد عبارة «You have mail» – أى أن لديك بريدا ولكنه ليس بجديد. أما إذا كنت تستخدم برامج أخرى، فعليك أن تتبع الخطوات الخاصة بها.

ويمكنك الرد على المرسل (Reply). وقد يحتوى الرد على الرسالة المرسلة أو أجزاء منها، أو يخلو منها كلية. ولن تحتاج فى هذه الحالة إلى كتابة عنوان المرسل إليه، لأن البرنامج البريدى سيستخرجه من الرسالة المستقبلة.

وهناك أيضا خاصية الـ Bouncing – وتسمى فى بعض البرامج Redirect – وبها تستطيع أن تحول الرسالة القادمة إليك إلى شخص ثالث بدون إجراء أى تعديل فيها. أما إذا أضفت تعليقات إلى الرسالة القادمة إليك ثم أرسلتها إلى شخص ثالث، فتسمى الخاصية فى هذه الحالة Forwarding. وحينما تصلك رسالة من هذا النوع الأخير فإنك ستجد علامة > عند كل سطر من سطور الرسالة الأصلية، أما بقية السطور التى تحتوى على التعليقات فلن تجد أمامها هذه العلامة. وستجد أيضا أمام كلمة From ـ أى « مِن » ـ عنوان الشخص الذى حول إليك الرسالة، وليس المرسل الأصلى. وبعض البرامج تضيف فى سطر الموضوع (Subject) المقطع «Fwd»، لتعرف أن الرسالة محولة إليك.

الشبكة العنكبوتية العالمية World Wide Web (WWW) :

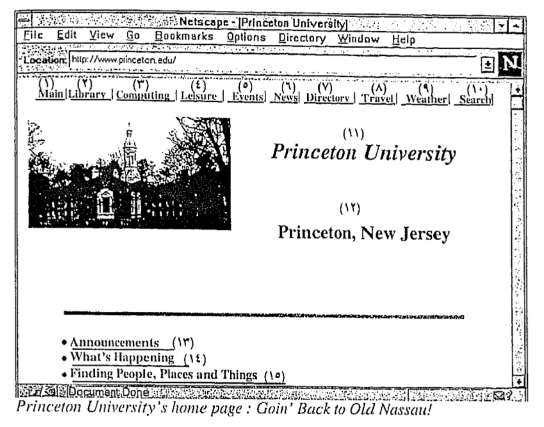
تحتوى الشبكة العنكبوتية على عدد كبير من الحاسبات الخادمة (Servers) التى تقدم جميع أنواع المعلومات لأى مستخدم للإنترنت. وقد تكون المعلومات نصا مكتوبا أو صورا أو صوتا أو غير ذلك. ويتم الوصول إلى هذه المعلومات عن طريق برنامج فى الحاسب العميل (Client) يسمى المتجول (Browser). وقد تم طرح أول برنامج من هذا النوع لاستخدام عامة الناس فى يناير ١٩٩٢.

وهناك سببان يجعلان الشبكة العنكبوتية مرغوبا فيها على نطاق واسع من جانب المستخدمين. أولهما، سهولة استخدامها. وثانيهما، أنه يمكنك أن تكون لنفسك صفحة أو عدة صفحات تضع فيها ما تريد من معلومات شخصية ليشاركك فيها الآخرون، وتسمى هذه الصفحة «Home Page» أى الصفحة السكنية.

وبالإضافة للمعلومات، يمكن لكل صفحة أن تحمل مجموعة من الوصلات أو الروابط (Links) للصفحات الأخرى، وبذلك تستطيع أن تنتقل من صفحة إلى أخرى باستخدام هذه الوصلات. ولغة «الوبْ» التى تحتوى فيها المعلومات على وصلات لمعلومات أخرى، تسمى «فوق النِّص» (Hyper Text). ومعنى هذا أن شدة الضوء تزداد عند الكلمات المرتبطة بمعلومات أخرى (وقد تظهر هذه الكلمات بألوان مختلفة). وللوصول إلى هذه المعلومات، يمكن للمستخدم توجيه مؤشر شاشة الحاسب إلى هذه الكلمة المراد معرفة معلومات عنها ثم الضغط على أحد أزرار لوحة المفاتيح (Key board). أو إذا كانت هناك فأرة (أو متجول) فإنه يمكنه الضغط عليها بعد توجيه المؤشر إلى الكلمة المقصودة.

ويسمى البروتوكول الذى يقوم بنقل لغة الوب «Hyper Text Transport Protocol»، واختصاره HTTP، وعادة ما تبدأ جميع عناوين «الوب» بهذه الحروف. وعلى سبيل المثال، عند كتابة عنوان جامعة برنستون بالولايات

المتحدة وهو : http://www.princeton.edu، تظهر على الشاشة الصفحة الموضحة فى شكل (٧-٦). وكل كلمة من الكلمات الموجودة فى أعلى الصورة تعنى أن هناك معلومات تفصيلية عن كل منها. فإذا وصلنا إلى إحداها بالطريقة التى شرحناها فيما سبق، ولتكن Main (أى «الرئيسى») فسيتاح لنا أن نتعرف على أقسام الجامعة، وهيئة التدريس، والمجالات البحثية الخاصة بكل قسم، وكيفية الالتحاق بها، والشروط المطلوبة فى الطالب المتقدم، بالإضافة إلى نبذة عن موقع الجامعة ومساحتها وغير ذلك من المعلومات التفصيلية. وإذا انتقلنا إلى



Princeton University's home page : Goin' Back to Old Nassau!

شكل (٧-٦) : الصفحة السكنية لجامعة برنستون، نيوجيرسى بالولايات المتحدة الأمريكية [مرجع ٧]

(١) العمومى أو الرئيسى، (٢) المكتبة، (٣) الحسابات، (٤) قضاء وقت الفراغ، (٥) الأحداث، (٦) الأخبار، (٧) الدليل، (٨) السفريات، (٩) الجو، (١٠)ابحث عن، (١١) جامعة برنستون، (١٢) برنستون، نيوجيرسى، (١٣) الإعلانات، (١٤) ماذا يحدث، (١٥) البحث عن الناس والأماكن والأشياء.

كلمة Library (أى «المكتبة») فسنتعرف على الدوريات العلمية والكتب التى تحتويها، ومجالاتها وعناوينها. ويلاحظ أن كل كلمة لا تشتمل على صفحة واحدة، بل تتشعب إلى عدة صفحات خلال سلسلة من الوصلات. وكل صفحة تعنون بكلمة أو عبارة.

مما تقدم يتضح أن «الوب» هى مخزن هائل للمعلومات يمكن أن يستفيد منه الصغير والكبير. إذ يمكن أن تستخدم «الوب» للحصول على الأبحاث والمقالات العلمية المنشورة فى الدوريات العالمية، وهى أيضا وسيلة مهمة للتثقيف فى جميع المجالات، تاريخية ورياضية وفنية وغيرها. وتستطيع الشركات أن تجد فى «الوب» مجالا فريدا للإعلان عن منتجاتها ـ بمواصفاتها وأسعارها ـ لدى جمهور المستهلكين الذين يمكنهم الشراء من خلالها. وقد تحتوى « الوب » على إعلانات عن وظائف خالية فى أى بقعة فى العالم، وبالتالى يمكن لمن يشاء أن يتقدم لشغلها. بل أصبح من الممكن للراغبين فى السفر أن يتصلوا بشركات الطيران لحجز مقاعد لهم عن طريق « الوب ». كما يمكن أيضا عن طريقها متابعة الأخبار العالمية فى الصحف أو المحطات التليفزيونية العالمية مثل CNN التى لها مواقع على الإنترنت، وغير ذلك من مجالات لا تعد ولا تحصى.

خاتمـــة

نظـرة إلى المستقبـل

وبعد.. عزيزى القارئ.. فقد استعرضنا معا التطور التاريخى للاتصالات منذ اختـراع البطارية الكهـربية، ثم تطرقنا إلى وصف أنواعـها المختـلفة من سلكية ولاسلكية، أرضـية وفضائية عندمـا يتم الاتصال بين أطراف ثابتة أو مـحمـولة. وجـدير بالذكـر أن لكل نوع من هذه الأنواع شـبكة، وترتبط كل شبكة بالأخـرى فى توافق دقيق، وبذا تتكامل الشـبكات مع بعضـهـا البعض لتكون فى النهـاية شبكة شـاملة تغطى الكرة الأرضيـة من أقصـاها لأدناها. وقد يتساءل القارئ: هل يمكن أن يحدث تطور آخر بعد كل ما حدث ؟ ونـجيب بأن التطور لا يقـف عند حـد مادام هنـاك إنسـان يعيـش ويفكر من أجل أن يجعل حياته أفضل من كافة الوجوه.

ولعل أكـثر مـجالين يتم فـيهـما البـحث والتطوير حاليـا هما الاتـصالات اللاسلكية الشاملة، واتصالات الشبكة العنكبوتية عبر الإنترنت.

ففى مجال الاتصالات اللاسلكيـة، من المنتظر أن تتحول نظم الاتصالات الخلوية للتليفون المحمول ـ التى لايزال بعضـها يستخدم الشبكات التناظرية

(Analog) ـ إلى النظم الرقمية (Digital) عند تردد يقترب من ٢ جيجاهيرتز، بدلا من النطاق الترددى الحالى ٨٠٠ ميجاهيرتز ـ ١ جيجاهيرتز. وهذا من شأنه أن يؤدى إلى زيادة عدد قنوات الاتصال، وبالتالى ارتفاع عدد المشتركين الذين يتزايدون بالفعل زيادة أسية. وبالرغم من أن عدد التليفونات المحمولة شهد طفرة كبيرة حتى وصل فى الدول الاسكندنافية مثلا إلى تليفون لكل شخصين، فإن عدد المشتركين على مستوى العالم لا يتجاوز فى المتوسط ٥٪ من عدد السكان. من ذلك يتضح أن تكنولوجيا صناعة التليفون الخلوى ستظل حقلا خصبا لمزيد من التوسع والانتشار. كما أنه من المتوقع إدخال نظام CDMA لشبكة GSM التى تستخدم نظام TDMA حاليا، وبذلك ستصبح العدد التليفونية المحمولة فى المستقبل ثنائية الاستخدام. بمعنى أن استخدام هذه العدد سيصبح ممكنا فى المناطق التى تستخدم نظام TDMA (أوروبا)، وفى المناطق التى تستخدم نظام CDMA (أمريكا الشمالية) مما يتيح للمشترك شمولية استخدام جهازه فى أى مكان.

ومن ناحية أخرى، سيتم التوسع فى استخدام الاتصالات اللاسلكية للأطراف الثابتة عند تردد يدور حول ٣٠ جيجاهيرتز، ويسمى هذا النظام [Local Multipoint Distribution Service (LMDS)]. ويعتمد هذا النظام على وجود محطة قاعدية تتصل بالمشتركين فى دائرة يصل قطرها إلى نحو أربعة كيلومترات. ويتميز هذا النظام بأنه يمد المشتركين بنطاق ترددى واسع يصل مداه إلى المئات من الميجاهيرتز، مما يتيح سرعة عالية لنقل المعلومات تفوق تلك المستخدمة حاليا فى خطوط التليفونات التقليدية.

وبنهاية عام ١٩٩٨، كانت شركة «موتورولا» قد أتمت برنامجها لإطلاق أقمار الاتصالات بنظام الايريديوم ذى المدارات المنخفضة الذى يضم ٦٦ قمرا. ومن المتوقع خلال السنوات القليلة القادمة أن يتم الربط بين شبكات الأقمار الصناعية فى ارتفاعاتها ومداراتها المختلفة، وذلك لتكوين شبكة

شاملة تغطى خدمات الاتصالات الشخصية مثل المكالمات التليفونية والفاكس والفيديو والمؤتمرات والإذاعة.

وبالنسبة للإنترنت، فإن عدد مستخدميها يتزايد بالفعل زيادة أسية أيضا. ومن المتوقع أن تزداد أوجه استخداماتها لتشمل نقل المؤتمرات لحظة انعقادها، وأيضا نقل البرامج التليفزيونية لحظة إذاعتها عن طريق الكابلات. وأكثر من هذا، سيكون من الممكن إجراء الحسابات العلمية والبرامج المعقدة من خلال الإنترنت باستخدام حاسبات بعيدة بدلا من الحاسب الشخصى المحلى. كما أن الاتصال بها لاسلكيا عن طريق أجهزة المحمول سيصبح أمرا ميسورا.

وأخيرا وليس آخرا، فقد حاولنا إلقاء الضوء على جزء من مسيرة الاتصالات فى الماضى، وواقعها اليوم، والمأمول لها مستقبلا، ولعلنا نكون قد أفلحنا فى اجتذاب القارئ إلى مزيد من القراءة فى هذا المجال الحيوى الذى يمس حياة البشر أجمعين.

المراجــع

1) Ahuja V., *Network and Internet Security,* AP Professional, 1996.

2) Bellamy J., *Digital Telephony,* John Wiley & Sons, Second Edition, 1991.

3) Calcutt D. and Tetley L., *Satellite Communications : Principles and Applications,* Edward Arnold, 1994.

4) Cornelius D.J., Herridge A.J., Silk R. and Thompson P.T. "The Intelsat VIII/VIIIA Generation of Global Communication Satellites", *International Journal of Satellite Communications,* Vol. 13, PP. 39-48, January - February 1995.

5) Dunlop J. and Smith D.G., *Telecommunications Engineering,* Van Nostrand Reinhold (U.K.), 1987.

6) Freeman R.L. *Telecommunication System Engineering,* John Wiley & Sons, Inc., 1980.

7) Glossbrenner A. and Glossbrenner E., *Internet 101,* Third Edition, McGraw-Hill, 1996.

8) Hahn's H., *The Internet Complete Reference,* Second Edition, McGraw- Hill, 1996.

9) Haykin S., *Communications Systems,* John Wiley & Sons, Inc., 1994.

10) Jamalipour A., *Low Earth Orbital Satellites for Personal*

Communication Networks, Artech House, 1998.

11) Kennedy G. and Davis B., *Electronic Communication Systems*, Macmillan/McGraw-Hill, Fourth Edition, 1993.

12) Lange L., "The Internet", *IEEE Spectrum*, PP. 37-42 January 1998.

13) Lange L., "The Internet", *IEEE Spectrum*, PP. 35-40 January 1999.

14) Mehrotra A., *Cellular Radio Performance Engineering*, Artech House, Inc., 1994.

15) Miller B., "Satellite Free Mobile Phone", *IEEE Spectrum*, PP. 26-35, March 1994.

16) O'Reilly J., *Telecommunication Principles*, Van Nostrand Reinhold, 1987.

17) Padgett J.E., Günther C.G. and Hattori T., "Overview of Wireless Personal Communications", *IEEE Communications Magazine*, PP. 28-41, January 1995.

18) Pike M.A. et al, *Using the Internet*, Que Corporation, 1996,

19) Proakis J.G., *Digital Communications*, McGraw-Hill, Inc., Third Edition, 1995,

20) Rappaport T.S., *Wireless Communications*, Prentice-Hall, 1999.

21) Reimers U., "Digital Video Broadcasting", *IEEE Communications Magazine*, PP. 104-110, June 1998.

22) Riezenman M.J., "Communications", *IEEE Spectrum*, PP. 29-36, January 1998.

23) Riezenman M.J., "Communications", *IEEE Spectrum*, PP. 33-37, January 2000.

24) Roddy D. and Coolen J., *Electronic Communication*,

Reston Publishing Company, Inc., Third Edition, 1984.

25) Schweber W., *Electronic Communication Systems*, Prentice-Hall, 1991.

26) Stark H. Tuteur F.B. and Anderson J.B., *Modern Electronic Communications*, Prentice-Hall International Editions, 1988.

27) Wiederspan J. and Shotton C., *Web Sites on the Macintosh*, Addison-Wesley Developers Press, 1996.

28) Ziemer R.E. and Tranter W.H., *Principles of Communications*, Houghton Mifflin Company, 1985.

رقم الإيداع

١٦٠١٨ / ٢٠٠٠ م

مطابع الأهرام التجارية - قليوب - مصر

للاتصالات تأثير حاسم على الحياة الاجتماعية والاقتصادية والثقافية والسياسية المعاصرة، فقد أسقطت الحواجز بين الشعوب والأمم وأسهمت فى تلاقى الحضارات وإثراء المعرفة. والكتاب الحالى يضم بين دفتيه عرضا لتطور الاتصالات، وقنواتها المختلفة، مركزا على الاتصالات السلكية واللاسلكية وعبر الأقمار الصناعية والإنترنت والمحمول، وينتهى بإلقاء نظرة على آفاق المستقبل فى هذا المجال.

والمؤلف الأستاذ الدكتور عماد الدين خلف الحسينى، أستاذ الاتصالات بهندسة القاهرة ، حاصل على جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الهندسية، وتم اختياره ضمن شخصيات الموسوعة القومية المصرية وموسوعة «ماركين: من هو فى العالم»، أشرف على العديد من رسائل الدكتوراه والماجستير، وشارك فى عدة مؤتمرات دولية ، وقام بعدة مهام علمية فى عدد من أبرز جامعات العالم.

الناشر



صدر من هذه السلسلة

١ - الوراثة البشرية الحاضر والمستقبل — أ.د. سامية ال
٢ - الليزر بين النظرية والتطبيق — أ.د. نايل بركا
٣ - استكشاف الفضاء واستغلال موارد الكون — أ.د. سيد رمض
٤ - الأرصاد الجوية ونظرة إلى المستقبل — أ.د. حسين زه
٥ - الحاسب الآلى : مكوناته وبرامجه ولغاته واستخداماته — أ.د.على عزت
٦ - المبيدات سلاح ذو حدين — أ.د. عبد الله
٧ - البلاستيك والمطاط والألياف الصناعية فى حياتنا المعاصرة — أ.د. السيد ع



مركز الأهرام للترجمة والنشر
مؤسسة الأهرام

التوزيع فى الداخل والخارج : وكال
ش الجلاء - القاهرة

مطابع الأهرام التجارية - قليوب